



Universidade Federal de Sergipe

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAIS



Giovani Oliveira Santos

**CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E ANÁLISE ESPACIAL DA
PRODUTIVIDADE DE MILHO NO ESTADO DE SERGIPE: EFEITOS
PARA O SEGURO AGRÍCOLA**

São Cristóvão – SE

2017

Giovani Oliveira Santos

**Caracterização da Distribuição e Análise Espacial da Produtividade de
Milho no Estado de Sergipe: efeitos para o seguro agrícola**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Estatística e Ciências
Atuariais da Universidade Federal de Sergipe,
como parte dos requisitos para obtenção do
grau de Bacharel em Ciências Atuariais.**

Orientador (a): Amanda da Silva Lira

São Cristóvão – SE

2017

Giovani Oliveira Santos

**Caracterização da Distribuição e Análise Espacial da Produtividade de
Milho no Estado de Sergipe: efeitos para o seguro agrícola**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Estatística e Ciências Atuariais
da Universidade Federal de Sergipe, como um
dos pré-requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atuariais.**

____/____/____

Banca Examinadora:

Prof.^a Me. Amanda da Silva Lira
Orientadora

Prof.^a Me. Vanessa Kelly Dos Santos
1º Examinador

Prof.^a Me. Cristiane Toniolo Dias
2º Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por está sempre ao meu lado e ter me dado saúde, paciência e sabedoria para que este trabalho pudesse ser realizado.

A minha família, em especial meus pais que mesmo sem saber muito do que se trata o curso, sempre me apoiou e confiou em mim. E a minha namorada, que teve muita paciência e entendeu os momentos de ausência.

A minha orientadora Prof^a Amanda Lira que norteou meus estudos, confiou na minha capacidade. Dedicada, sempre muito prestativa, com paciência e compreensão em relação as minhas infinitas duvidas.

Aos meus colegas de curso, que em momentos difíceis são de suma importância, sem eles não teria conseguido terminar o curso.

RESUMO

A atividade agrícola está sujeita a fatores como intempéries climáticas, pragas, doenças de difícil controle do homem, etc. A ideia do seguro no contexto rural é indenizar ao produtor toda vez que sua produtividade se situe em um patamar abaixo da produtividade garantida pela seguradora. As seguradoras brasileiras não tem uma teoria atuarial consolidada, tornando um empecilho para os cálculos de prêmio e pagamentos esperados. Logo este estudo propôs calcular e precificar o seguro agrícola aplicando Modelos Lineares Generalizados, através de agrupamento dos dados, identificados por clusters espaciais, estatisticamente significantes. O conjunto de dados utilizado foi a produtividade municipal de milho, obtidos do site do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), de 2003 a 2015, para o estado de Sergipe. Foram identificados clusters dos tipos de associação espacial HH: Alta-Alta e LL: Baixo-Baixo. Ambos os tipos indicam a ocorrência de autocorrelação espacial positiva, ou seja, observou-se que existem evidências de que na média a produtividades de milho em alguns municípios são mais significativos que em outros municípios no estado, como também foi verificado por meio do coeficiente de variação que teve-se indicativos que o estado de Sergipe estar inserido na categoria de alto risco agrícola. Além de poder concluir que através destas metodologias propostas tiveram-se indícios que a indenização que as seguradoras podem estar pagando valores mais elevados que deveriam ser arrecadados, o que consequentemente, acaba desestimulando o desenvolvimento do mercado no estado, pois o prêmio cobrado também deve está acima do que deveria ser cobrado.

Palavras chave: Seguro Rural, Sergipe, Milho, Precificação, Risco.

ABSTRACT

Agricultural activity is subject to factors such as climatic weather, pests, diseases of difficult man control, etc. The idea of insurance in the rural context is to indemnify the producer whenever his productivity is below the productivity guaranteed by the insurer. Brazilian insurers do not have a consolidated actuarial theory, making it an impediment to premium calculations and expected payments. Therefore, this study proposed to calculate and price the agricultural insurance applying Generalized Linear Models, by grouping the data, identified by spatial clusters, statistically significant. The data set used was the municipal corn productivity, obtained from the site of the IBGE Automatic Recovery System (SIDRA), from 2003 to 2015, for the state of Sergipe. HH: High-High and LL: Low-Low clusters were identified. Both types indicate the occurrence of positive spatial autocorrelation, that is, it was observed that there is evidence that on average the corn yields in some municipalities are more significant than in other municipalities in the state, as was also verified by the coefficient of variation that has been indicative that the state of Sergipe is included in the category of high agricultural risk. In addition to being able to conclude that through these proposed methodologies have been indications that the indemnity that insurers may be paying higher values that should be collected, which consequently ends up discouraging the development of the market in the state, since the premium charged also must be above what should be charged.

Keywords: Rural Insurance, Sergipe, Corn, Pricing, Risk.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1	Relação mundial entre produção de alimentos e mercado segurador.....	23
Figura 2	Municípios do Estado de Sergipe.....	28
Figura 3	Mapa da Produtividade Média e Desvio Padrão (DP) respectivamente do Milho no Estado de Sergipe, 2003 a 2015.....	44
Figura 4	Mapa do Coeficiente de Variação (CV) da Produtividade do Milho no Estado de Sergipe, 2003 a 2015.....	45
Figura 5	Mapa dos Clusters da Média e Desvio Padrão (DP) respectivamente para a Produtividade do Milho no Estado de Sergipe, 2003 a 2015.....	48
Figura 6	Gráficos dos resíduos do município de Simão Dias. Modelo Normal e Gamma, respectivamente.....	46
Figura 7	Gráficos dos resíduos do município de Itabaianinha. Modelo Normal e Gamma, respectivamente.....	49
Figura 8	Gráficos dos resíduos do município de Cristinápolis. Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.....	50
Figura 9	Gráficos dos resíduos do município de Pirambu. Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.....	51
Figura 10	Gráficos dos resíduos do município de Japaratuba. Modelo Modelo Normal (a) e Gamma (b),respectivamente.....	52
Figura 11	Gráficos dos resíduos do município de Rosário do Catete. Modelo Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.....	53
Figura 12	Gráficos dos resíduos do município de Santo Amaro das Brotas. Modelo Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Percentuais de subvenção sobre o prêmio e limites anuais de subvenção por produtor.....	19
Tabela 2	Número de estabelecimentos agropecuários, área e pessoal ocupado na agricultura, familiar e não familiar – região Nordeste (2006).....	24
Tabela 3	Interpretação do coeficiente de variação.....	32
Tabela 4	Exemplos de distribuições pertencentes à família exponencial.....	35
Tabela 5	Exemplo de deviance para distribuições padrões.....	38
Tabela 6	Valores do AIC para distribuição Normal e Gama e os pagamentos esperados (em reais por hectare) por unidade de área da cultura do milho para municípios Sergipanos com cobertura de 70%, 2003 a 2015.....	47

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	OBJETIVOS.....	13
2.1	Geral.....	13
2.2	Específicos.....	13
3.	JUSTIFICATIVA.....	14
4.	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
4.1	Seguro Rural.....	16
4.1.1	Contexto Histórico.....	16
4.1.2	Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural – PSR.....	18
4.1.3	Modalidades.....	19
4.1.4	Seguro Rural no Mundo.....	20
4.1.5	Seguro Rural no Brasil.....	21
4.1.6	Seguro Rural no Nordeste.....	23
4.2	Cultura do Milho.....	24
4.3	Precificação do Seguro Agrícola.....	25
4.4	Quantificação Do Risco No Seguro Agrícola.....	26
5.	METODOLOGIA.....	28
5.1	Área de Estudo.....	28
5.2	Base de Dados.....	29
5.3	Métodos.....	29
5.3.1	Análise Descritiva dos dados.....	29
5.3.1.1	Medidas de Posição (Tendência Central).....	29
5.3.1.2	Medidas de Dispersão (Medidas de Variação).....	30
5.3.2	Coeficiente de Variação.....	30
5.3.3	Análise Exploratória de Dados Espaciais.....	31
5.3.4	Modelos Lineares Generalizados (MLG).....	33
5.3.4.1	Estimações dos Parâmetros do Modelo.....	34
5.3.4.2	Ajuste do Modelo.....	35
5.3.4.2.1	A Função Desvio e Estatística De Pearson Generalizada.....	35
5.3.5	Análise dos Resíduos.....	37
5.3.5.1	Resíduos.....	38
5.3.5.2	Resíduo de Pearson.....	38
5.3.5.3	Desvio Residual.....	38
5.3.5.4	Resíduos Padronizados.....	39
5.3.6	Critério de Informação de Akaike - AIC.....	39
5.3.7	Cálculo da Produção do Seguro Agrícola.....	40
5.3.8	Análise Empírica do Seguro Agrícola.....	41
6.	RESUTADOS E DISCUSSÃO.....	43
7.	CONCLUSÃO.....	55
	BIBLIOGRAFIA.....	56
	APÊNDICE.....	61

LISTA DE SIGLAS

AEDE - Análise Exploratória de Dados Espaciais
AIC - Critério de Informação de Akaike
APH - Produção Histórica Real
CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CNSA - Companhia Nacional de Seguro Agrícola
CNSP - Conselho nacional de seguros privados
CONAB - Companhia de Nacional de Abastecimento
COSESP - Companhia de Seguros do Estado de São Paulo
CPR – Cédula de Produto Rural
CV - Coeficiente de Variação
DP - Desvio Padrão
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Agropecuária
EMDAGRO - Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe
EMV - Estimador de Máximo Verossimilhança
EUA – Estados Unidos da América
FENASEG - Federação Nacional das Empresas de Seguros Privados e de Capitalização
FENSEG - Federação Nacional de Seguros Gerais
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MLG - Modelos Lineares Generalizados
PAA - Programa de Aquisição de Alimentos
PNAE - Programa Nacional de Alimentação Escolar
PROAGRO - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária **PSR** - Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural
PAC - Política Agrícola Comum
PRONAF - Programa Nacional da Agricultura Familiar
SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática
SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SUSEP - Superintendência de Seguros Privados
UE - União Europeia

1. INTRODUÇÃO

No mundo, umas das principais atividades econômicas é a agricultura, e no Brasil não é diferente, e é através dela que grande maioria dos brasileiros retira seu sustento. Diferentemente de muitos países que são potências na agricultura, o Brasil tem muita terra a ser explorada ainda, enquanto que Estados Unidos da América e China, por exemplo, já estão com seu território propício ao plantio quase todo ocupado (AGROLINK, 2015).

Todos os anos, milhares de agricultores preparam a terra para o plantio. Mas por ser uma atividade primária, pequenos e grandes produtores tomam serias decisões sobre o tamanho da área que plantar, pois os riscos que a envolvem como seca ou chuva excessiva, pragas, doenças, estão fora do controle do homem. Muitas vezes, esses produtores apostam alto por ter esperança de uma boa safra, consequentemente, em um bom retorno financeiro, mas nem sempre é isso que acontece e muitos deles acabam perdendo tudo (CNSeg, 2011).

A ideia do seguro é indenizar ao produtor toda vez que sua produtividade se situe em um patamar abaixo da produtividade garantida pela seguradora (OZAKI e DIAS, 2009).

Um das características mais marcantes da agricultura é a magnitude e natureza dos riscos aos quais está sujeita. Os riscos mais significativos são: risco associado às variações não antecipadas na produtividade em função de fatores climáticos e/ou biológicos; risco associado às variações não antecipadas de preço (riscos de mercado) e ainda, risco associado a ferimentos e problemas de saúde dos trabalhadores rurais, que estão mais propícios a ferimentos por animais, contaminação por agrotóxicos, entre outros (BURGO, 2005). Fenômenos climáticos adversos podem levar a grandes prejuízos econômicos e influenciar sobremaneira o resultado final da safra (OZAKI, 2007).

No seguro agrícola, devido à existência do risco catastrófico, o risco agregado se torna, algumas vezes, muito maior que o risco individual. Nesse caso, sinistros generalizados podem resultar em enormes prejuízos à carteira agrícola de uma seguradora, tornando insustentável sua continuidade. Uma possível solução a ser adotada pelas seguradoras é a atuação em diversas regiões distintas umas das outras em

termos de características de produtividade agrícola e estrutura de risco, a fim de pulverizar espacialmente o risco (OZAKI E DIAS, 2009).

Naturalmente, as taxas de prêmio para os municípios de baixo risco serão menores que as taxas para os municípios de alto risco (OZAKI et al., 2006).

Segundo Ozaki e Dias (2009), as políticas de aceitação de risco (subscrição) variam de seguradora para seguradora. Entretanto, o seguro só é ofertado nos municípios em que existam informações do zoneamento agrícola, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Dessa maneira, vamos entender um pouco mais sobre o seguro agrícola, propondo com métodos estatísticos chegar em melhorias ao modelo de precificação para indenização dos agricultores que aderirem ao seguro, pagar um prêmio considerado justo pela seguradora e mapear os municípios de Sergipe tanto da média de produtividade como do risco, para que a seguradora possa trabalhar com risco diversificado e precificar adequadamente os contratos.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral propor alternativas para estimação das indenizações justas esperadas do seguro agrícola com base nas concentrações espaciais, da produtividade de milho, a nível municipal do Estado de Sergipe.

2.2 Específicos

Especificamente, foram traçados os seguintes objetivos:

- Investigar espacialmente os municípios quanto a sua média de produtividade, desvio padrão e coeficiente de variação para nortear quais municípios são significativos na produtividade do milho em Sergipe;
- Através do coeficiente de variação classificar os municípios em seus respectivos grupos de risco;
- Analisar os aspectos na modelagem de dados de produtividade agrícola, como nas análises empíricas das seguradoras;
- Estimação da indenização do seguro agrícola através Modelos Lineares Generalizados.

3. JUSTIFICATIVA

A necessidade do seguro agrícola fica mais evidente diante de problemas climáticos que estão se tornando cada vez mais frequentes e trazem grandes prejuízos ao setor (SANTOS, 2011).

Embora o seguro agrícola não seja uma novidade entre os produtores, muitos ainda desconhecem ou seus benefícios ou pensam que se trata de um investimento extremamente caro, o que não é verdade. O maior benefício do seguro agrícola é garantir ao produtor uma renda minimamente segura, até a próxima colheita (AGROW, 2016).

Naturalmente, as taxas de prêmio para os municípios de baixo risco serão menores que as taxas para os municípios de alto risco (OZAKI et al., 2006).

Atualmente, as políticas de aceitação de risco (subscrição) variam de seguradora para seguradora. Entretanto, o seguro só é ofertado nos municípios em que existam informações do zoneamento agrícola, do MAPA (OZAKI E DIAS, 2009).

A importância do seguro reflete a grandiosidade do Brasil em produção, sustentabilidade e representatividade no PIB. O país possui uma produção de quase 200 milhões de toneladas, com a cana de açúcar, café, soja e milho como principais produtos, que sustentam uma população rural de seis milhões de famílias. Sem contar com um PIB de agronegócio de quase 30% (Galiza, 2017).

Segundo (OZAKI, 2007), diferentemente dos outros ramos, precificar contratos no seguro agrícola torna-se uma tarefa relativamente complicada. Primeiro, pelo fato de não existirem séries relativamente longas de produtividades municipais e muito menos de produtividade por propriedades. Segundo, a metodologia deve levar em conta diversos comportamentos incomuns presentes nos dados. São elas:

- i. dificuldades de ordem amostral – neste caso o tamanho das séries históricas de produtividade é relativamente pequeno, impossibilitando a aplicação dos testes estatísticos convencionais;
- ii. problemas de correlação espacial – decorre do fato de que propriedades (municípios) mais próximas apresentam maior dependência espacial em relação a propriedades (municípios) mais afastadas;
- iii. correlação serial – quando a produtividade em anos anteriores está correlacionada com a produtividade no ano atual;

- iv. presença de tendência – a produtividade observada em 1980, por exemplo, não pode ser comparada com a produtividade observada em 2004; e,
- v. heteroscedasticidade – é a situação em que os dados apresentam variabilidade não constante.

Uma dificuldade enfrentada pelas seguradoras brasileiras é o cálculo das taxas para o seguro agrícola, pois ainda não está disponível uma teoria atuarial consolidada voltada para esta área (SANTOS, 2011).

A falta de dados de produtividade agrícola relativamente longa, que possam refletir, de maneira precisa, a estrutura de risco dos produtores somado a falta de metodologias atuariais adequadas de precificação de contratos de seguro agrícola, resultam em taxas de prêmio inexatas e mal calculadas tendo severas implicações no problema da seleção adversa (OZAKI, 2005).

A falta de uma metodologia adequada é apontada um dos principais entraves para o desenvolvimento de um mercado de seguro agrícola, no Brasil. O trecho a seguir, ilustra tal preocupação:

“As dificuldades do POAGRO e o insucesso ou pouco interesse das Companhias Seguradoras somente serão contornadas quando (...) for formulada uma metodologia atuarial adequada à complexibilidade do risco agrícola, condições esta indisponíveis à implantação de uma seguridade agrícola sadia.” (Rossetti, 1998, p.1; Rossetti, 2001, p.387)

O seguro agrícola é pouco comercializado no Brasil, mas é amplamente utilizado por produtores rurais dos Estados Unidos e de outras localidades no mundo. Este tipo de seguro teria uma boa comercialização no Brasil, tendo em vista a proteção que traria para fazendeiros e suas produções (SANTOS, 2011).

4. REVISÃO LITERARIA

4.1 SEGURO RURAL

4.1.1 Contexto Histórico

Os EUA desenvolvem mecanismos formais de gestão de riscos agrícolas desde finais do século XIX. As primeiras experiências com seguros agrícolas privados de riscos múltiplos datam de 1899, tendo prosseguido até o final da década de 1920 (BARNETT, 2000 e OZAKI, 2005).

Em outros países o seguro agrícola também foi implantado para reduzir os riscos de produção. Por exemplo, no Japão, o seguro agrícola iniciou-se em 1939, na Índia, em 1947, no Sri Lanka, em 1958, na Suécia, em 1961, e no México, em 1964 (WRIGHT & HEWITT, 1994).

Já no Brasil, foi na década de 30 que a experiência brasileira em seguro para o ramo agrário teve seu início, para ser mais específico fora no ano de 1939, quando o Estado de São Paulo disciplinou o seguro obrigatório contra granizo para lavoura algodoeira, Decreto nº 10.554, de outubro de 1939 (PRADO, 2012).

Posteriormente, já na década de 50, em âmbito federal foi constituída a Companhia Nacional de Seguro Agrícola (CNSA), com o escopo de implantação e desenvolvimento do seguro agrário no Brasil. A tentativa proposta pela companhia ocorreu por meio da Lei nº 2.168, de 11 de janeiro de 1954. Contudo apesar dos esforços as ações desenvolvidas pela CNSA não obtiveram saldo positivo, sendo suas atividades encerradas em 1966 (PRADO, 2012). Seu fracasso se deveu, antes de tudo, ao fato de não ter conseguido disseminar o Seguro Rural facultativo e realizá-lo em escala mínima para a sua exploração econômica, assim como pela circunstância de lhe haver sido vedada a operação de outros ramos de seguros mais rentáveis, que contribuíssem para o equilíbrio de sua carteira (GEMIGNANI, 2001).

Na metade dos anos 60 fora instituído o Decreto-Lei nº 73, de 21 de novembro de 1966, em que o Art 8º constitui o sistema de seguros privados:

“o Sistema Nacional de Seguros Privados, regulado pelo presente Decreto-lei e constituído:

a. do Conselho Nacional de Seguros Privados - CNSP;

- b. da Superintendência de Seguros Privados - SUSEP;
- c. dos resseguradores;
- d. das Sociedades autorizadas a operar em seguros privados;
- e. dos corretores habilitados”.

Os quais até hoje servem como arcabouço de leis para atividade dos seguros privados no Brasil (PRADO, 2012).

Em 1967 é instituído o Decreto nº 61.867 que regulamenta os seguros obrigatórios, que em seu Art 16 dizia:

“O seguro rural obrigatório destina-se a ressarcir os danos causados por acidentes, fenômenos da natureza, praga ou doenças, a rebanhos, plantações e outros bens ligados á atividade ruralista”.

A década de 70 foi de suma importância, pois foram nesta década que onde foram instituídas as modalidades de seguro agrícola por meio da Resolução nº 5 do Conselho Nacional de Seguros Privados na data de 14 de julho de 1970. Esta resolução aprovou as Normas Tarifárias do Seguro Rural, tendo definido em seu texto as modalidades de seguro agrário (PRADO, 2012).

No início da década de 70, duas medidas foram editadas demonstrando a iniciativa governamental na garantia das atividades agrícolas. A primeira medida foi à autorização dada pelo Conselho Nacional de Seguros Privados à Companhia de Seguros do Estado de São Paulo (COSESP) para operação experimental do seguro agrícola neste estado (CAFFAGNI E MARQUES, 1999). A segunda medida foi à constituição do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO), por meio da aprovação da Lei nº 5.969, de 11 de dezembro de 1973, que em seu artigo 1º assim dizia:

“É instituído o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – PROAGRO, destinado a exonerar o produtor rural, na forma que for estabelecida pelo Conselho Monetário Nacional, de obrigações financeiras relativas a operações de crédito, cuja liquidação seja dificultada pela ocorrência de fenômenos naturais, pragas e doenças que atinjam bens, rebanhos e plantações (BRASIL, 1973)”.

No ano de 1988, a Constituição Federal em seu artigo 187, inciso V, colocou o seguro agrícola como instrumento de planejamento e execução da Política Agrícola. Tal situação figurou-se como um marco, elevando o seguro rural a norma constitucional e elemento fundamental da agropolítica nacional.

Em 1991, o PROAGRO foi reformulado, entrando em uma nova fase. Em seu Art 1º dizia que:

- i. “exonerar o produtor rural de obrigações financeiras relativas a operações de crédito rural de custeio, cuja liquidação seja dificultada pela

- ocorrência de fenômenos naturais, pragas e doenças que atinjam bens, rebanhos e plantações;
- ii. indenizar recursos próprios utilizados pelo produtor rural em custeio rural, quando ocorrerem perdas em virtude dos eventos citados no inciso anterior”.

O ano de 1992 foi um marco histórico no setor privado de seguros. Sendo neste momento formado uma colisão entre o setor empresarial e o Estado em favor da desregulação no setor de seguros. Os momentos marcantes nesse desiderato foram a divulgação, em meio de 1992, da Carta de Brasília pela Federação Nacional das Empresas de Seguros Privados e de Capitalização (FENASEG), e em julho do mesmo ano, do Plano Diretor do Sistema de Seguro, Capitalização e Previdência Complementar, pelo Governo Federal.

Em 19 de dezembro de 2003, foi editada a Lei nº 10.823, que autorizou a concessão de subvenção econômica em percentual ou valor do prêmio do seguro rural para o proponente que estivesse adimplente com a união e o seguro contratado junto às sociedades seguradoras autorizadas pela SUSEP. Essa lei foi regulamentada pelo Decreto Federal nº 5.121, de 29 de junho de 2004, que em seu artigo 2º assim dizia:

“Fica instituído o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural, regulado pelo disposto neste Decreto, com o objetivo de implementar a subvenção ao prêmio do seguro rural, respeitadas as normas de seguros do Conselho Nacional de Seguros Privados – CNSP”.

E suas diretrizes conforme o Art 3º são:

- i. “promover a universalização do acesso ao seguro rural;
- ii. assegurar o papel do seguro rural como instrumento para a estabilidade da renda agropecuária; e,
- iii. induzir o uso de tecnologias adequadas e modernizar a gestão do empreendimento agropecuário”.

4.1.2 Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural – PSR

Criado na lei nº 10.823, de 19 de dezembro de 2003, o PSR é um programa de apoio aos produtores rurais que desejam proteger suas lavouras contra riscos climáticos adversos. Por meio da subvenção econômica ao prêmio do seguro rural, o Governo Federal apoia financeiramente àqueles produtores que contratarem essa modalidade de garantia, arcando com parcela dos custos de aquisição do seguro. O percentual de subvenção pago pelo Governo Federal varia de 40% a 60% de acordo com as prioridades da política agrícola formulada pelo MAPA. As modalidades de seguro rural amparadas pelo PSR são agrícola, pecuária, florestas e aquícola (MAPA, 2016).

A subvenção poderá ser diferenciada segundo:

- i) Modalidades do seguro rural;
- ii) Tipos de culturas e espécies animais;
- iii) Categorias de produtores;
- iv) Regiões de produção;
- v) Condições contratuais, priorizando aquelas consideradas redutoras de risco ou indutoras de tecnologia.

Segue os percentuais sobre o prêmio e limites anuais ao Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (Tabela 1).

Tabela 1. Percentuais de subvenção sobre o prêmio e limites anuais de subvenção por produtor.

Modalidades de seguro	Grupos de atividade	Tipos de cobertura	Nível de cobertura	Subvenção (%)	Limites Anuais (R\$)
Agrícola	Grãos	Multirriscos	[50; 55] (%)	30%	R\$ 72 mil
			[60; 65] (%)	45%	
			[70; 75] (%)	40%	
			> 80%	35%	
		Riscos nomeados	----	35%	
	Frutas, Olerícolas, Café e Cana-de-açúcar	----	----	45%	
Florestas	Silvicultura (Florestas Plantadas)	----	----	45%	R\$ 24 mil
Pecuário	Aves, bovinos, bubalinos, caprinos, equinos, ovinos e suínos				R\$ 24 mil
Aquícola	Carcinicultura, maricultura e piscicultura				R\$ 24 mil
VALOR MÁXIMO SUBVENCIONÁVEL (CPF/ano)					R\$ 144 mil

Fonte: MAPA, 2016.

4.1.3 Modalidades

O seguro rural está dividido em oito modalidades, segundo SUSEP, que são as seguintes:

Seguro Agrícola: Cobre as explorações agrícolas contra perdas decorrentes de fenômenos meteorológicos, doenças e pragas. Cobre basicamente a vida da planta, desde sua emergência até a colheita, contra a maioria dos riscos de origem externa, tais como, incêndio e raio, tromba d'água, ventos fortes, granizo, geada, chuvas excessivas, seca e variação excessiva de temperatura.

Seguro Pecuário: Garante indenização por morte de animais (bovídeos, eqüídeos, ovinos, caprinos, suínos...) em consequência de acidentes e doenças.

Seguro Aquícola: Garante indenização por morte de animais aquáticos (peixes, crustáceos,...) em consequência de acidentes e doenças.

Seguro de Benfeitorias e Produtos Agropecuários: Cobre construções, instalações ou equipamentos fixos, safras removidas do campo de colheita, produtos pecuários, veículos rurais mistos ou de carga, máquinas agrícolas e seus implementos contra os riscos de incêndio, raio, ou explosão, ventos fortes, impacto de veículo de qualquer espécie, desmoronamento, entre outras hipóteses.

Seguro de Penhor Rural: Destinado a preservar os bens dados em garantia nas operações de crédito rural, estendendo sua proteção às benfeitorias, máquinas, veículos e implementos utilizados na atividade rural, bem como produtos agropecuários já colhidos. É operacionalizado em dois ramos distintos, a saber: Penhor Rural – instituições financeiras públicas e Penhor Rural – instituições financeiras privadas.

Seguro de Florestas: Garante cobertura dos custos de reposição de florestas em formação ou de seu valor comercial, quando se tratar de florestas já formadas ou naturais, contra as perdas decorrentes de incêndio, eventos biológicos e meteorológicos.

Seguro de Vida: Garante a liquidação dos financiamentos concedidos ao produtor, devedor de crédito rural, em caso de seu falecimento. O Seguro tem sua vigência limitada ao período do financiamento.

Seguro de Cédula do Produto Rural: Garante ao último credor titular da CPR desde que não seja o emitente ou seu avalista (Segurado) o fiel cumprimento das obrigações contratuais assumidas pelo produtor (Tomador) na cédula.

4.1.4 Seguro Agrícola no mundo

Os maiores mercados de seguro rural no mundo são EUA, União Europeia e China, todos eficientes e com características próprias (Me Sinto Seguro, 2016). O

principal foco atualmente nos Estados Unidos é o seguro de renda, que estabiliza a renda do produtor, gerando a combinação de cobertura de preço e produtividade. O produtor americano é livre para optar em garantir o preço do produto ou a renda, mediante comprovação das despesas e receitas das últimas safras (AGROLINK, 2015).

O Governo dos Estados Unidos gasta US\$ 10 bilhões por safra, custeando de 60% a 70% das apólices contra intempéries climáticas, catástrofes e riscos de mercado (BLECHER, 2016). Os produtores norte-americanos têm de 55% a 80% de subsídio no seguro, dependendo do porte de cada um, das culturas e da área cultivada (GELLER, 2017).

A China é o segundo maior mercado mundial de seguro agrícola, atrás apenas dos Estados Unidos em termos de receitas de prêmios, e está lutando para estender o uso de seguros relacionados ao clima para outros setores (SCIAM, 2014).

Em 2007, a China iniciou um programa-piloto de seguros para a agricultura, com o apoio financeiro do governo central. Dados mostram que em 2013, a renda das taxas de seguros agrícolas subiu para 30,6 bilhões de yuans (R\$ 1 equivale a 2,09 yuans), um crescimento anual de 34,5%. Entre 2007 e 2013, as verbas contra riscos do setor saltaram de 112,6 bilhões para 900,6 bilhões de yuans (REVISTA COBERTURA, 2014).

Foi no “Tratado de Roma”, em 1958, que se criou a “Política Agrícola Comum” (PAC), que protege e subsidia a produção agropecuária dos países da União Europeia, garantindo a renda e o bem estar aos agricultores europeus. A Comissão Europeia para a Agricultura afirma que nos 27 Estados Membros cerca de 90% do território são zonas rurais, que abrigam 60% da população. A PAC é uma política pública comunitária, ou seja, praticada no âmbito da União Europeia, que pode ser enquadrada no arcabouço do estado de bem estar social europeu na forma de “subsídios agropecuários”. Os subsídios são ajudas dadas pela União Europeia aos agricultores para que eles não tenham prejuízos quando vendem seus produtos (TREMEEA, 2012).

As políticas da UE ajudam a promover a sustentação da produção em vez de incentivar o aumento. Sustentação da produção, no entanto, também gera distorções porque os europeus – grandes importadores de commodities agrícolas como soja e milho – poderiam importar volumes mais elevados se não houvesse a PAC (CNA, s.d.).

4.1.5 Seguro Agrícola no Brasil

O seguro agrícola é um dos instrumentos de política agrícola mais usados no mundo para reduzir o grau de risco e incerteza e, portanto, melhorar a alocação de recursos da atividade rural. No Brasil, o Ministério da Agricultura, dentro de sua política agrícola, entende que proteger-se de riscos causados por adversidades climáticas é imprescindível para o produtor que, ao contratar o seguro rural, pode recuperar o capital investido em sua lavoura ou empreendimento (NASCIMENTO, 2011).

No Brasil, as pesquisas tratam especialmente das experiências de seguro no país, sua evolução, os motivos para o insucesso da maior parte destes programas, além das propostas para equacionar os empecilhos. Esses estudos ressaltam experiências internacionais e a importância da consolidação de um seguro agrícola abrangente, que garantam a renda do produtor e, com isso, maior investimento e produtividade no setor (FERREIRA E FERREIRA, 2009).

Ferreira (1980) desenvolveu modelos de programação matemática, incluindo o risco, para estudar as relações entre parceiros e proprietários, em regiões do semiárido Nordeste sujeitas às incertezas enfrentadas pelos agricultores.

Burgo (2005) elaborou estudo sobre cálculos de risco que apresenta possível ganho e perdas da diversificação espacial. O pesquisador traçou mapas que apresentam medidas estatísticas de dispersão que revelam o efeito da distância e da direção geográfica na correlação da produtividade da soja entre regiões, como a diversificação espacial pode beneficiar o produtor.

Bittencourt (2003), em seu trabalho sobre o financiamento da agricultura familiar no Brasil, aponta problemas para operacionalização do Programa Nacional da Agricultura Familiar (PRONAF) dentro do modelo do Sistema Nacional de Crédito Rural. Dentre as sugestões e propostas apontadas pelo autor está à criação de um seguro para os agricultores familiares, que possa garantir uma renda mínima em tempos de crise.

Ozaki (2005) estimou a taxa de prêmio de um seguro agrícola baseado em um indicador de produtividade regional. O estudo testou a viabilidade de um seguro regional na região de Castro (Paraná) e revelou que este modelo de seguro regional de produtividade beneficia os produtores devido à redução do risco e do prêmio.

Recentemente, a Comissão de Seguro Rural da Federação Nacional de Seguros Gerais (FENSEG), revelou que apenas 15% da área plantada no Brasil é assegurada,

número bastante inferior se comparado com o EUA, onde a abrangência é de 80% da área cultivada (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2017).

Figura 1: Relação mundial entre produção de alimentos e mercado segurador.



Mesmo com a baixa procura por esse serviço no país, no ano passado, o mercado de seguros rural cresceu 10%, se comparado com 2015. O recurso, no entanto, é um dos mais importantes instrumentos para o desenvolvimento do setor agrícola do país (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2017).

4.1.6 Seguro Agrícola no Nordeste

Criado pela Lei nº 10.420, de 10 de abril de 2002, surgiu o Fundo Garantia-Safra, de natureza financeira, vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Agrário, e instituído o Benefício Garantia-Safra, com o objetivo de garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares de Municípios sistematicamente sujeitos a perda de safra por razão do fenômeno da estiagem ou excesso hídrico, situados na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (BRASIL, 2002).

O Nordeste está praticamente fora do mapa do Seguro, o que não deixa de ser um paradoxo, justamente onde é mais necessária uma proteção ao produtor que passa por seca extrema. As subvenções do governo por Unidade da Federação representam: 28% para o Estado do Paraná, 25% para o Rio Grande do Sul, 12% para São Paulo e 8% para Santa Catarina. No Nordeste apenas os Estados da Bahia, representando 2% e o

do Piauí 1% receberam subvenções do governo para cobrir perdas de safra (RISCO SEGURO, 2016).

A agricultura praticada na região nordestina é muito variada seja com relação às culturas plantadas, seja com relação a aspectos como o nível de tecnologia empregada na produção agrícola. A cana-de-açúcar é o principal produto agrícola da região, produzido principalmente por Alagoas, seguido por Pernambuco e Paraíba. Também é importante destacar os plantios de algodão (Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte), de soja (Bahia, Maranhão), milho, tabaco (Bahia), caju, uva, manga, melão e outros frutos destinados ao consumo interno e à exportação. Nos vales do rio São Francisco (Bahia) e do Açu (Rio Grande do Norte), existe o cultivo irrigado de frutas para exportação. No sertão, predomina a agricultura de subsistência, às vezes prejudicada pelas estiagens (CASTRO, 2013).

Na Tabela 2, são apresentados dados referentes à agricultura nordestina, como área e pessoal ocupado.

Tabela 2. Número de estabelecimentos agropecuários, área e pessoal ocupado na agricultura, familiar e não familiar – região Nordeste (2006).

	Números de estabelecimentos agropecuários		Área territorial total dos estabelecimentos agropecuários (ha)		Pessoal ocupado nos estabelecimentos	
	Total	Agricultura Familiar	Total	Agricultura Familiar	Total	Agricultura Familiar
Maranhão	287.037	262.089	12.991.448	4.519.305	991.593	858.102
Piauí	245.378	220.757	9.506.597	3.761.306	831.827	722.154
Ceará	381.014	341.510	7.922.214	3.492.848	1.145.985	969.001
R. G. do Norte	83.052	71.210	3.187.902	1.046.131	247.507	191.550
Paraíba	167.272	148.077	3.782.878	1.596.273	490.287	410.732
Pernambuco	304.788	275.740	5.433.975	2.567.070	944.907	780.048
Alagoas	123.331	111.751	2.108.361	682.616	451.742	326.135
Sergipe	100.606	90.330	1.480.414	711.488	268.799	225.950
Bahia	761.528	665.831	29.180.559	9.955.563	2.325.984	1.881.811
Nordeste	2.454.006	2.187.295	75.594.346	28.332.599	7.698.631	6.365.483
Brasil	5.175.489	4.367.902	329.941.393	80.250.453	16.567.544	12.730.966

Fonte: Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009).

4.2 Cultura do Milho

No início de seu cultivo, o milho era utilizado basicamente para a subsistência humana. Com o decorrer do tempo foi ganhando importância e transformou-se no principal insumo para a produção de aves e suínos, além de sua importância estratégica

para a segurança alimentar do brasileiro ao longo das últimas décadas. O Brasil já é o segundo maior exportador mundial de milho, superado apenas pelos Estados Unidos (CNA, 2016).

O milho é a segunda maior cultura de importância na produção agrícola no Brasil, sendo superado apenas pela soja que lidera a produção de grãos no país. Para a safra 2015/2016, a produção esperada foi de 80 milhões de toneladas (CNA, 2016).

Com o crescimento da produção agrícola brasileira, a partir de 1960 até o ano 2000, as regiões Sul, Sudeste e o estado de Goiás respondiam por aproximadamente 70% da oferta nacional do grão. Entretanto, a partir de 2001, a dinâmica da produção do cereal começou a tomar novos rumos, sendo que, na safra 2015/2016 o total da produção destes estados deve representar menos de 45% da colheita no país (CNA, 2016).

Sergipe é destaque não só na cultura do milho, como na produção de laranja, arroz, feijão (que tem produtividade recorde e se destaca em Poço Verde), leite (destaque no Semiárido), abacaxi e cana de açúcar. O crescimento do setor agrícola tem reflexo nos investimentos do Banco do Nordeste em Sergipe. De acordo com a instituição bancária, houve crescimento de 16,5% na agricultura, e os maiores aumentos no volume de crédito são verificados nas atividades de produção de grãos (46,3%), fruticultura (16,9%) e café (11,6%) (ANS, 2016).

A força do milho no estado de Sergipe vem do Médio Sertão, Centro-Sul e Alto Sertão, e o grão sergipano é mais valorizado que o de Alagoas e da Bahia, por exemplo, que são estados que atingem bons níveis de produção. Isso acontece por que Sergipe produz no período de entressafra das outras localidades (ANS, 2016).

O governo oferece apoio através do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), assistência técnica proporcionada pela Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO), e iniciativas vinculadas a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), como Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (ANS, 2016).

4.3 Precificação do seguro agrícola

O seguro permite a proteção da renda em momentos de infortúnio. Neste sentido, este mecanismo permite ao indivíduo igualar a renda quando ocorre um evento que cause danos econômicos à situação em que tal evento não ocorre, mediante o

pagamento de um prêmio e o recebimento de uma compensação, caso ocorra o sinistro. Neste contexto, o seguro agrícola pode ser visto como um importante instrumento de transferência do risco para outros agentes econômicos. Porém, este tipo de mecanismo embora seja teoricamente eficaz, na prática, o seguro agrícola tradicional tem-se mostrado insustentável economicamente a médio-longo prazo (OZAKI, 2005).

Em diversos países, como Brasil, EUA, Japão, Canadá e Índia, o total de prêmios arrecadados tem sido bem inferior ao montante de indenizações pagas. Além disso, estes programas são subsidiados, recebendo um forte apoio governamental (RAY, 1985; DANDEKAR, 1985; GARDNER E KRAMER, 1986; LOPES E DIAS, 1986; YAMAUCHI, 1986; SIGURDSON E SIN, 1994; WRIGHT E HEWITT, 1994; GOODWIN E SMITH, 1995; MOSLEY E KRISHNAMURTHY, 1995; MIRANDA, ET AL. 1999).

A falta de uma metodologia adequada é vista como um dos principais problemas para o desenvolvimento do seguro agrícola no Brasil. De acordo com Rossetti (1998; 2001), “As dificuldades do PROAGRO e o insucesso ou pouco interesse das Companhias Seguradoras somente serão contornados quando (...) for formulada uma metodologia atuarial adequada à complexidade do risco agrícola, condições esta indispensáveis à implantação de uma seguridade agrícola sadia”.

Todos estes fatores dificultam sobremaneira a análise dos dados. Ignorá-los podem levar a resultados completamente equivocados.

4.4 Quantificação do risco no seguro Agrícola

Diferentemente dos outros ramos, o seguro agrícola apresenta uma característica peculiar que a torna uma modalidade eminentemente arriscada: a presença do risco de eventos generalizados ou catastróficos (MIRANDA E GLAUBER, 1997; OZAKI E SHIROTA, 2005).

A presença de eventos considerados catastróficos pode comprometer o balanço financeiro da carteira agrícola das seguradoras. Para tentar contornar este empecilho, as seguradoras podem diversificar geograficamente suas operações (OZAKI E DIAS, 2009).

No seguro agrícola, devido à existência do risco catastrófico, o risco agregado se torna, algumas vezes, muito maior que o risco individual. Nesse caso, sinistros

generalizados podem resultar em enormes prejuízos à carteira agrícola de uma seguradora, tornando insustentável sua continuidade (OZAKI E DIAS, 2009).

As seguradoras necessitam classificar os municípios, de acordo com o grau de risco, e diversificar as operações em diferentes regiões geográficas, a fim de pulverizar o risco retido. Essa estratégia permite que os sinistros ocorridos em determinadas regiões possam ser compensados por resultados positivos em outras localidades (OZAKI E DIAS, 2009).

5. METODOLOGIA

5.1 Área de Estudo

A área que abrange este estudo é o estado de Sergipe (**Figura 2**) que é de 21.918,50 km², equivalente a 0,26% do território nacional. É menor dentre os estados brasileiros, possuindo 75 municípios.

Figura 2. Municípios do Estado de Sergipe.



5.2 Base de Dados

O banco de dados foi obtido junto ao Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esses dados são referentes aos municípios do Estado de Sergipe – Brasil, que produzem a cultura do milho. A responsabilidade da coleta dos dados é do próprio IBGE. Os dados contêm os seguintes grupos de variáveis: área colhida e produção por tonelada de milho dos municípios de Sergipe, no período de 2003 a 2015. Sendo para o valor da produtividade de milho foi realizado o cálculo da produção dividida pela área colhida de cada município. E quanto aos *shapes*¹ dos Municípios do Estado de Sergipe, foram obtidos na base cartográfica do IBGE.

5.3 Métodos

Primeiramente deve-se estudar a questão espacial da produtividade do milho e em seguida o estudo da indenização do seguro agrícola. Pretende-se determinar os agrupamentos da produtividade média do milho, mas também avaliar suas estruturas, como eles ocorrem e o que os determina.

5.3.1 Análise Descritiva dos Dados

5.3.1.1 Medidas de Posição (Tendência Central)

As medidas de posição ou tendência central tem o objetivo de representar o ponto de equilíbrio ou o centro de uma distribuição. Em muitos casos, podem ser considerados valores típicos ou representativos do conjunto (PIANA et al., 2009). As medidas mais utilizadas são a média aritmética, a mediana e a moda, embora outras também possam ser úteis em algumas situações.

- Média Aritmética: é muito utilizada no cotidiano, seu resultado se dá através da divisão do somatório dos números dados pela quantidade de números somados.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

¹ *Formas.*

- **Mediana:** é o valor numérico que separa a metade superior de uma amostra de dados, população ou distribuição de probabilidade, em Rol ordenado de forma crescente ou decrescente, a partir da metade inferior.
- **Moda:** é o valor que detém o maior número de observações, ou seja, o valor que ocorre com maior frequência num conjunto de dados.

5.3.1.2 Medidas de Dispersão (Medidas de Variação)

As medidas de dispersão, segundo Morettin e Bussab (2004) são responsáveis por mostrar a variabilidade de uma ou mais séries de valores que as medidas de posição não informam. É chamada de "desvio" a distancia entre cada elemento e a medida da distribuição (JARDIM, 2013). As medidas de dispersão mais utilizadas são:

- **Variância (s^2):** é a soma dos quadrados dividida pelo número de observações do grupo menos 1;

$$S^2 = \frac{\sum_i^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

- **Desvio padrão (s):** Ele mostra o quanto de dispersão existe em relação à média;

$$S = \sqrt{S^2}$$

5.3.2 Coeficiente de Variação

Segundo Ozaki e Dias (2009), denota-se o coeficiente de variação (CV):

$$CV(x) = \left(\frac{\sigma}{\mu} \right) * 100\%$$

Tal que X_i é uma variável aleatória, $E(X_i) = \mu$ e $\text{Var}(X_i) = \sigma^2$ e $DP = \sigma$.

O CV é uma medida de risco associada à variável aleatória e relativo ao seu tamanho esperado. Definindo uma nova variável S, tal que:

$$S = \sum X_i,$$

Então,

$$E(S) = n\mu$$

e,

$$V(S) = n\sigma^2.$$

Consequentemente,

$$DP = \sigma\sqrt{n},$$

O coeficiente de variação da nova variável será dado por:

$$CV_S = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right) (n)^{\frac{1}{2}} * 100\%.$$

Dessa forma, quando $n \rightarrow \infty$, $CV_S \rightarrow 0$, supondo-se que σ e μ não se alterem à medida que n aumenta.

Foi utilizado o Coeficiente de variação para quantificar o risco que cada município representa para as seguradoras.

Tabela 3. Interpretação do coeficiente de variação.

Coeficiente de variação (CV)	
Risco baixo	Coeficiente de variação inferior a 10%
Risco médio	Coeficiente de variação entre 10 e 20%,
Risco alto	Coeficiente de variação entre 20 e 30%
Risco muito alto	Coeficiente de variação superior a 30%.

Fonte: Rignonatto (2012)

5.3.3 Análise Exploratória de Dados Espaciais

Almeida (2004) e Anselin (1999) definem a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), como sendo, um conjunto de técnicas para descrever e visualizar distribuições espaciais, identificar localidades atípicas (outliers espaciais), descobrir padrões de associação espacial (*clusters*²) e sugerir diferentes regimes espaciais, ou seja, objetiva identificar padrões de associação espacial para as variáveis abordadas. Desta forma, os efeitos espaciais dizem respeito às comparações causadas pela autocorrelação espacial e pela estrutura espacial (PAULA et. al., 2013).

Conhecer a natureza da estrutura e das interações de um fenômeno no espaço é importante para se sugerir padrões e recorrências que possam auxiliar tanto na elaboração de ações públicas por meio de políticas regionalizadas, como na maximização alocativa dos recursos privados. Nesse sentido, a AEDE é uma ferramenta necessária, pois, de acordo com Perobelli *et al.* (2005), este método descreve a distribuição espacial do fenômeno e seus padrões de associação global e local (*clusters*). Entretanto, com a utilização da análise exploratória de dados espaciais, torna-se necessário testar a hipótese de que os dados são distribuídos aleatoriamente, isto é, que

² Grupo, aglomerado.

os valores de um atributo em uma região não dependem dos valores do mesmo nas regiões vizinhas (ALMEIDA, 2004).

Os padrões globais detectam a autocorrelação espacial para todo o espaço analisado. O problema do *I de Moran* Global é que ele pode esconder padrões locais ou ser influenciado por eles. Para superar esses problemas estatísticos torna-se imprescindível verificar a formação de clusters e/ou agrupamentos. Para tanto, Luc Anselin propôs, em 1995, uma decomposição em categorias do indicador *I de Moran*, dado por:

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_j w_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_i w_{ij} (y_i - \bar{y})^2 / n} = z_i \sum_j w_{ij} z_j, \quad (03)$$

em que z_i e z_j são variáveis padronizadas e a somatória sobre j é tal que somente os valores dos vizinhos $j \in J_i$ são incluídos. O conjunto J_i abrange os vizinhos da observação i .

De acordo com Almeida (2004), esse indicador, provê uma indicação do grau de agrupamento dos valores similares em torno de uma observação, identificando clusters espaciais, estatisticamente significantes. Tais *clusters* são divididos em quatro tipos de associação espacial, sendo: HH: Alta-Alta, LL: Baixo-Baixo, HL: Alta-Baixo; LH: Baixo-Alta. Os agrupamentos HH e LL indicam a ocorrência de autocorrelação espacial positiva, enquanto que os agrupamentos HL e LH denotam a presença de autocorrelação espacial negativa (ESRI, 2009).

Subjacente ao cálculo do índice, Câmara *et al.* (2004), refere duas hipóteses a ter em conta:

- *Hipótese nula* (H_0): distribuição espacial aleatória dos dados obtidos para a variável em análise, ou seja, *independência espacial*;
- *Hipótese alternativa* (H_1): existência de *dependência espacial*.

Neste contexto é aconselhável estimar a validade estatística da autocorrelação espacial através da significância do índice, sendo frequente associar a estatística do teste a uma distribuição normal. Se o valor de *p-value*³, para a probabilidade, for de 0,05, significa que temos 5% de possibilidades de cometer um erro associado à rejeição nula da hipótese.

³ É a probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema que aquela observada em uma amostra, sob a hipótese nula.

5.3.4 Modelos Lineares Generalizados (MLG)

Os modelos lineares generalizados (MLG) representam a união de modelos lineares e não-lineares com uma distribuição da família exponencial, que é formada pela distribuição normal, Poisson, binomial, gama, normal inversa e incluem modelos lineares tradicionais (erros com distribuição normal), bem como modelos logísticos (SCHMIDT, 2003).

Os MLG podem ser usados quando se tem uma única variável aleatória Y associada a um conjunto de variáveis explanatórias $x_1 \dots x_p$. Para uma amostra de n observações (y_i, x_i) , em que $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$ é o vetor coluna de variáveis explanatórias, o MLG envolve os três componentes (CORDEIRO E DEMÉTRIO, 2010):

i) **Componente aleatório:** representado por um conjunto de variáveis aleatórias independentes Y_1, \dots, Y_n obtidas de uma mesma distribuição que faz parte da família de distribuições com médias μ_1, \dots, μ_n , ou seja,

$$E(Y_i) = \mu_i, i = 1, \dots, n,$$

sendo $\phi > 0$ um parâmetro de dispersão e θ_i o parâmetro denominado canônico. Então, a função densidade ou de probabilidade de Y_i é expressa por

$$f(y_i, \theta_i, \phi) = \exp \{ \phi^{-1} [y_i \theta_i - b(\theta_i)] + c(y_i, \phi) \}, \quad (1)$$

ii) **Componente sistemático:** as variáveis explanatórias entram na forma de uma soma linear de seus efeitos

$$\eta_i = \sum_{r=1}^p x_{ir} \beta_r = x_i^T \beta \text{ ou } \eta = X\beta \quad (2)$$

sendo $X = (x_1, \dots, x_n)^T$ a matriz do modelo, $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)^T$ vetor de parâmetros desconhecidos e $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_n)^T$ o preditor linear.

iii) **Função de ligação:** uma função que relaciona o componente aleatório ao componente sistemático, ou seja, vincula a média ao preditor linear, isto é,

$$\eta_i = g(\mu_i) \quad (3)$$

sendo $g(\cdot)$ uma função monótona, derivável.

Nesses termos, um MLG é definido por uma distribuição da família (1), uma estrutura linear (2) e uma função de ligação (3).

Assim, verifica-se que para a especificação do modelo, os parâmetros θ_i da família de distribuições (1) não são de interesse direto (pois há um para cada observação), mas sim um conjunto menor de parâmetros β_1, \dots, β_p tais que uma

combinação linear dos β'_s seja igual à alguma função do valor esperado de Y_i . Como o parâmetro natural θ_i é uma função parecida da média μ_i , pode-se expressar a função de ligação em termos desse parâmetro, isto é, $\eta_i = g(q^{-1}(\theta_i))$.

Observe-se que na definição de um MLG por (1), (2) e (3) não existe, em geral, aditividade entre a média μ e o erro aleatório ϵ inerente ao experimento. Define-se no MLG uma distribuição para a variável resposta que representa as observações e na ou ma distribuição para o erro aleatório ϵ .

A família exponencial de distribuições é vasta e inclui algumas das mais importantes e conhecidas distribuições, contínuas e discretas. Algumas distribuições de probabilidade conhecidas e largamente utilizadas são muito fáceis de verificar uma distribuição pertencente ou não a família exponencial ver formula (I) como a normal, binomial, que pertencem à família exponencial, sendo resumidas na tabela 4.

Tabela 4. Exemplos de distribuições pertencentes à família exponencial.

Distribuições	$b(\theta)$	θ	ϕ	$V(\pi_i)$
Normal	$\frac{\theta^2}{2}$	π	σ^2	1
Gamma	$\log(-\theta)$	$-\frac{1}{\mu}$	$-\frac{1}{(CV)^2}$	μ^2

Fonte: Paula (2004)

5.3.4.1 Estimações dos Parâmetros do Modelo

O algoritmo de estimação dos parâmetros β'_s foi desenvolvido por Nelder e Wedderburn (1972) e baseia-se em um método semelhante ao de Newton-Raphson, conhecido como Método Escore de Fisher. A principal diferença em relação ao modelo clássico de regressão é que as equações de máxima verossimilhança são não lineares.

Segundo Cordeiro e Lima Neto (2004), tem-se a log-verossimilhança $l(\beta)$ como função de β . No método escores de Fisher utiliza-se função escore, $S(\beta) = \frac{\partial L(\beta)}{\partial \beta}$, e a matriz de informação de Fisher $K = \left\{ -E \left(\frac{\partial^2 l(\beta)}{\partial \beta_1 \partial \beta_i} \right) \right\} = -E \left(\frac{\partial U(\beta)}{\partial \beta} \right)$. A matriz de informação para β é dada por $K = \frac{1}{a(\phi)} X^t W X$ onde W é uma matriz diagonal de pesos definidos por $w_i = V_i^{-1} g(\mu_i)^{-2}$. A função escore, usando esta matriz de pesos, é

expressa como $S(\beta) = X^t W_z$, onde z é um vetor com dimensão $1 \times n$ dado por $z_i = (y_i - \mu_i) \left(\frac{\partial g(\mu_i)}{\partial \mu_i} \right)$.

Utilizando estes dois resultados, o algoritmo escore de Fisher para calcular a estimativa de máxima verossimilhança (EMV) de β é expresso por $\beta^{(m+1)} = \beta^m + (X^t W^{(m)} X)^{-1} X^t W^{(m)} z^{(m)}$.

Colocando-se $(X^t W^{(m)} X)^{-1}$ em evidência tem-se, finalmente, $\beta^{(m+1)} = (X^t W^{(m)} X)^{-1} X^t W^{(m)} y^{*(m)}$ onde $y^{*(m)}$ é uma variável resposta modificada denotada por $y^{*(m)} = X\beta^{(m)} + z^{(m)}$.

Observa-se então que cada iteração do método escore de Fisher corresponde a uma regressão ponderada da variável dependente modificada y^* sobre a matriz modelo X , com matriz de pesos W . Com isso, quanto maior for a variância da observação, menor será seu peso no cálculo das estimativas dos parâmetros.

5.3.4.2 Ajuste do Modelo

Cordeiro e Lima Neto (2004) descrevem que depois de formulado o modelo, torna-se necessário estimar os parâmetros e avaliar a precisão das estimativas. Assim nos MLGs, o processo de estimação é determinado por uma medida (ou critério) de bondade de ajuste entre os dados observados e os valores ajustados gerados a partir do modelo. O processo de estimação é determinado por uma medida de bondade do ajuste entre os dados observados e os valores das estimativas dos parâmetros do modelo serão aquelas que maximizam da log-verossimilhança. Logo, as estimativas dos parâmetros podem ser obtidas através da maximização da verossimilhança ou log-verossimilhança em relação aos parâmetros, supondo-se fixo os dados observados. Se $f_y(y; \theta, \phi)$ é a função de densidade para a observação y , dado o parâmetro θ e supondo ϕ conhecido, a log-verossimilhança expressa como função do valor esperado $\mu = E(Y)$ é dada por $l(\mu, y) = \log f_y(y; \theta, \phi)$, onde, $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)^T$, $y = (y_1, \dots, y_n)^T$.

5.3.4.2.1 A função desvio e estatística de Pearson generalizada

As diversas medidas de discrepância ou bondade do ajuste existente é a função desvio, a qual equivale à diferença de log verossimilhança maximizada. Uma amostra de n elementos modelos pode ser constituída com até n parâmetros. O mais fácil deles, é denominado de modelo nulo, que contém apenas um parâmetro, o qual representa à

média μ , é muito simples. Porém, o modelo saturado, os quais contêm n parâmetros, um para cada valor observado, é não informativo, porém é útil para medir a discrepância de um modelo intermediário com p parâmetros, onde $p < n$, se for obtida $y = (y_1, \dots, y_n)^T$, uma amostra aleatória com distribuição pertencente à família exponencial, ou seja, com densidade expressa pela formula (I) (CORDEIRO E LIMA NETO, 2004). Sejam $\hat{\theta} = \theta(\hat{\mu})$ e $\tilde{\theta} = \theta(y)$ as estimativas dos parâmetros canônicos para o modelo intermediário, sob investigação, e o modelo saturado, respectivamente aloca toda a variação da amostra n componente sistemática.

Sejam $l(\hat{\theta}, \phi; y)$ e $l(\tilde{\theta}, \phi; y)$ as respectivas funções de log verossimilhança para os modelos intermediário e saturado, dados por:

$$\begin{aligned}\hat{l}_p &= l(\hat{\theta}, \phi; y) = \sum_{i=1}^n l(\hat{\theta}, \phi; y) = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{y_i \hat{\theta} - b(\hat{\theta}_i)}{a_i(\phi)} + c(y_i, \phi) \right\}, \\ \hat{l}_p &= l(\tilde{\theta}, \phi; y) = \sum_{i=1}^n l(\tilde{\theta}, \phi; y) = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{y_i \tilde{\theta} - b(\tilde{\theta}_i)}{a_i(\phi)} + c(y_i, \phi) \right\},\end{aligned}$$

assumindo $a_i(\phi) = \phi$, caso mais comum, pode-se escrever a função desvio como sendo o dobro da diferença entre a log verossimilhança do modelo intermediário para com o modelo saturado (CORDEIRO E LIMA NETO, 2004), tem-se que:

$$2(\hat{l}_n - \hat{l}_p) = 2 \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{y_i(\tilde{\theta} - \hat{\theta}) - b(\tilde{\theta}_i) + b(\hat{\theta}_i)}{\phi} \right\} = \frac{D}{\phi}$$

Os passos principais da sua construção podem ser observados em Dobson (1990), onde a expressão final é dada por $D = 2 \sum_{i=1}^n y_i(\tilde{\theta} - \hat{\theta}) - b(\tilde{\theta}_i) + b(\hat{\theta}_i)$ e é denominada desvio do modelo, o qual esta sendo investigado. Em geral um modelo com baixo desvio é considerado significativo se $D < X_{n-p}^2$, onde n é o tamanho da amostra e p número de parâmetros a serem estimados. Se o valor de D for próximo do valor esperado $n - p$ de uma distribuição X_{n-p}^2 , pode ser uma indicação de que o modelo ajustado aos dados é adequado. Paula (2004) mostra que um valor pequeno para a função desvio indica que para o número menor de parâmetros, obtém-se um ajuste tão bom quanto o ajuste com o modelo saturado.

Para PAULA (2004), a função de desvio no caso gama, $\tilde{\theta}_i = \frac{-1}{y_i}$ e $\hat{\theta}_i = \frac{-1}{\mu_i}$.

Assim, segue que o desvio (quando todos os valores são positivos) pode ser expresso na forma $D(y; \hat{\mu}) = 2 \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{-\log\left(\frac{y_i}{\hat{\mu}_i}\right) + (y_i - \hat{\mu}_i)}{\hat{\mu}_i} \right\}$.

Se algum componente de y_i é igual a zero o desvio fica indeterminado. McCullagh e Nelder (1989) sugerem substituir $D(y; \hat{\mu})$ nesse caso por

$$D^*(y; \hat{\mu}) = 2\phi c(y) + 2\phi \sum_{i=1}^n \log \hat{\mu}_i + 2\phi \sum_{i=1}^n y_i / \hat{\mu}_i$$

em que $C(y)$ é uma função arbitrária, porém limitada. Podemos, por exemplo, usar

$$C(y) = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{(1+y_i)}.$$

A forma da função desvio para as principais distribuições da família exponencial são apresentadas na tabela 5.

Tabela 5. Exemplo de deviance para distribuições padrões.

Normal	$D = \sum_i^n (y_i - \hat{\pi}_i)^2$
Gamma	$D = 2 \sum_{i=1}^n \left[-\log \left(\frac{y_i}{\hat{\pi}_i} \right) + \frac{y_i - \hat{\pi}_i}{\hat{\pi}_i} \right]$

Fonte: Nelder, (1989).

Além destas estatísticas, McCullagh e Nelder (1989) consideram ainda, como uma importante medida para a discrepância do modelo, a estatística do qui-quadrado de Pearson generalizada a qual é dada pela expressão, $\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - \hat{\pi}_i)^2}{Var(\hat{\pi}_i)}$, onde $Var(\hat{\pi}_i)$ é a função de variância estimada para a distribuição proposta para os dados.

Segundo Cordeiro e Demétrio (2007) para distribuições não-normais, têm-se apenas resultados assintóticos para X_{n-p}^2 , podendo ser usada somente como uma aproximação para a distribuição de X_p^2 , que em muitos casos pode ser inadequada. Além disso X_p^2 tem como desvantagem o fato de tratar os y_i 's simetricamente. Note-se que para o modelo normal $X_p^2 = D$.

5.3.5 Análise dos resíduos

Ao ajustarmos um modelo a um conjunto de dados, uma etapa muito importante é a verificação de possíveis afastamentos das suposições do modelo, levando-se em consideração a parte aleatória e sistemática do modelo, da mesma forma que verificamos a presença de observações com alguma influência fora de padrão nos resultados do ajuste (OLIVEIRA, 2013).

Inicialmente, realizamos a análise de resíduos para detectar possíveis pontos extremos e avaliar a adequação da distribuição proposta para a variável resposta. Assim como no modelo clássico de regressão, as técnicas usadas para análise de resíduos para os modelos lineares generalizados são semelhantes, com algumas adaptações, devido à estrutura dos MLGs (OLIVEIRA, 2013).

5.3.5.1 Resíduos

Os resíduos da modelagem estatística têm um papel muito importante que está relacionada com a qualidade do ajuste, constituindo uma das etapas mais importantes no processo de escolha do modelo adequado. Nos MLGs, segundo Cordeiro e Lima Neto (2006), os resíduos são usados para explorar a adequação do modelo ajustado com respeito à escolha da função de variância, da função de ligação e de termos no preditor linear. Além disso, eles também são úteis na identificação de pontos aberrantes, que poderão ser influentes ou não. Os resíduos medem discrepâncias entre os valores observados y_i e seus valores ajustados $\hat{\mu}_i$.

5.3.5.2 Resíduo de Pearson

O resíduo de Pearson tem a seguinte expressão:

$$r_{Pi} = \frac{y_i - \hat{\mu}_i}{\sqrt{V(\hat{\mu}_i)}}$$

A desvantagem deste resíduo é que sua distribuição é, geralmente, bastante assimétrica para modelos não-normais Cordeiro e Lima Neto (2006).

5.3.5.3 Desvio Residual

A função desvio é usada como uma medida de discrepância de um MLG, obtida através da diferença de log-verossimilhanças maximizadas dos modelos \tilde{l}_n e \hat{l}_p respectivamente, o saturado e o restrito.

Então, cada unidade de D contribui com certa quantidade

$$d_i = 2[l(y, y) - l(\hat{\mu}; y)],$$

abrindo a equação acima temos

$$d_i = 2(\tilde{l}_n - \hat{l}_p) = 2\lambda_i\{y_i(\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_i) - b(\tilde{\theta}_i) + (\hat{\theta}_i)\}$$

tal que $\sum_{i=1}^n d_i = D(y, \hat{\mu})$ e $\lambda = 1$ caso mais comum para as principais distribuições da família exponencial. Cordeiro e Lima Neto (2006) afirmam que dessa maneira, surge uma nova definição de resíduo, a partir das componentes d_i que formam o desvio, conhecido como Desvio Residual.

Segundo Cordeiro e Lima Neto (2006), o desvio residual é definido como

$$r_{Di} = \text{sin}(\lambda(y_i - \hat{\mu}))\sqrt{d_i}$$

ao invés de d_i pois, se existe uma transformação que venha a normalizar a distribuição do resíduo, então as raízes quadradas das componentes do desvio são resíduos que possuem as mesmas propriedades impostas por esta transformação Cordeiro e Lima Neto (2006). Desta forma, os resíduos r_{Di} podem ser considerados como variáveis aleatórias tendo aproximadamente distribuição normal padrão e, conseqüentemente, $r_{Di}^2 = d_i$ tem aproximadamente distribuição χ_1^2 .

5.3.5.4 Resíduos Padronizados

Contudo, os resíduos mais utilizados em modelos lineares generalizados são definidos a partir dos componentes da função desvio. A versão padronizada fica dada por

$$t_{Di} = \frac{d^*(y_i; \hat{\mu}_i)}{\sqrt{1 - h_{ii}}} = \frac{\phi^{\frac{1}{2}} d(y_i; \hat{\mu}_i)}{\sqrt{1 - h_{ii}}}$$

em que $d^*(y_i; \hat{\mu}_i) = \pm\sqrt{2}\{y_i(\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_i) - b(\tilde{\theta}_i) + (\hat{\theta}_i)\}^{1/2}$. O sinal de $d(y_i, \hat{\mu}_i)$ é o mesmo de $(y_i, \hat{\mu}_i)$. Segundo Paula (2010), (Williams, 1984) verificou através de simulações que a distribuição de t_{Di} tende a estar mais próxima da normalidade do que as distribuições dos demais resíduos.

5.3.6 Critério de informação de Akaike – AIC

O Critério de Informação de Akaike (AKAIKE, 1974) é uma medida da qualidade do ajuste de um modelo estatístico estimado. Baseia-se no conceito da desordem e provê uma medida relativa da ciência desconhecida na adoção de um determinado modelo.

De uma forma geral o AIC é dado por:

$$AIC = 2K - 2 \log(L)$$

Em que:

K é o número de parâmetros no modelo

L é o valor máximo da função de verossimilhança para o modelo estimado.

Algumas considerações devem ser feitas a respeito do AIC. Segundo (BASSO, 2009), muitos autores, como por exemplo (CELEUX E SOROMENHO, 1996), comentam que o AIC é inconsistente em ordem, e por isso, tende a superestimar a

dimensão do modelo, que significa dizer que no caso de misturas, que o AIC tende a selecionar modelos com um número de componentes maior que o verdadeiro. Como o logaritmo da função de verossimilhança cresce com o aumento do número de parâmetros, uma proposta seria encontrarmos o modelo com menor valor para a função.

5.3.7 Cálculo da Produção do Seguro Agrícola

Durante vários anos, os métodos empregados para o cálculo da produção do seguro agrícola não levavam em conta a incerteza relacionada ao cálculo da taxa. Diversas abordagens foram utilizadas por vários autores na busca da distribuição que melhor se ajustasse à produtividade agrícola (OZAKI, 2005).

O cálculo usado para estimar o pagamento esperado por unidade de área do seguro agrícola é o da produção histórica real - Actual Production History (APH) que era apresentado em dados de dez anos de produtividade individual, que é representado por Ozaki (2005) e Sherrick (2004) e outros autores da área, este fator é igual ao aumento anual estimado no rendimento e baseia-se nos rendimentos médios esperados.

Para Santos (2011), no cálculo da APH, se a tendência não for considerada, a perda esperada calculada será menor do que se a produtividade fosse calculada levando-se em conta a tendência, como consequência, tem-se à cobrança de taxas teóricas subestimadas.

Normalmente, a seguradora faz um pagamento de indenização a um produtor, caso observe que os rendimentos obtidos da colheita não obtivessem os valores garantidos que, variavam entre 50%, 60% e 70% de produtividade esperada, dependendo do município (Tabela 1). Além disso, existia uma cláusula de perda mínima, ou seja, só havia pagamento da seguradora se o percentual do dano em determinada área fosse menor ou igual a 30% e poderia ser calculado usando a seguinte função:

$$Y_g = h * \bar{y}$$

Onde,

Y_g = produtividade garantida

h = nível de cobertura

\bar{y} = produtividade comprovada

A produtividade comprovada é uma média simples do histórico das produtividades reais usando, pelo menos, os valores da produtividade de quatro anos anteriores. E a

produtividade garantida é a produtividade comprovada da cultura segurada, multiplicado pelo nível de cobertura determinado pelo segurado.

Pagamentos de indenizações são acionados quando a produtividade real fica abaixo da produtividade garantida e os produtores recebem como indenização a diferença entre a produtividade garantida e a produtividade real com um preço garantido que é definido no momento do plantio pela seguradora.

Sendo assim, a indenização paga ao produtor rural quando ele contrata um seguro agrícola é dada por:

$$G = \max [0, P_g(y_g - y)]$$

O pagamento esperado por unidade de área $E(G)$, para o APH pode ser calculado pela expressão:

$$E(G) = \int_0^{y_g} P_g(y_g - y)f(y)dy$$

Em que $f(y)$ é a distribuição ajustada para cada um dos municípios. Neste caso, foram utilizadas as estimativas através do MLG das distribuições normal e gama.

5.3.8 Análise Empírica do Seguro Agrícola

Empírico é um fato que se apoia somente em experiências vividas, na observação de coisas, e não em teorias e métodos científicos.

Desse modo, para o calculo da analise empírica neste trabalho, foi utilizado a seguinte formula:

$$E = \left[\left(\frac{y}{1000}\right) * p_g * h\right]$$

Em que,

y = produtividade real (tonelada/ha)

1000 = de uma saca em toneladas

p_g = Preço definido na contratação do seguro

h = nível de cobertura que no ramo do seguro agrícola é 70%.

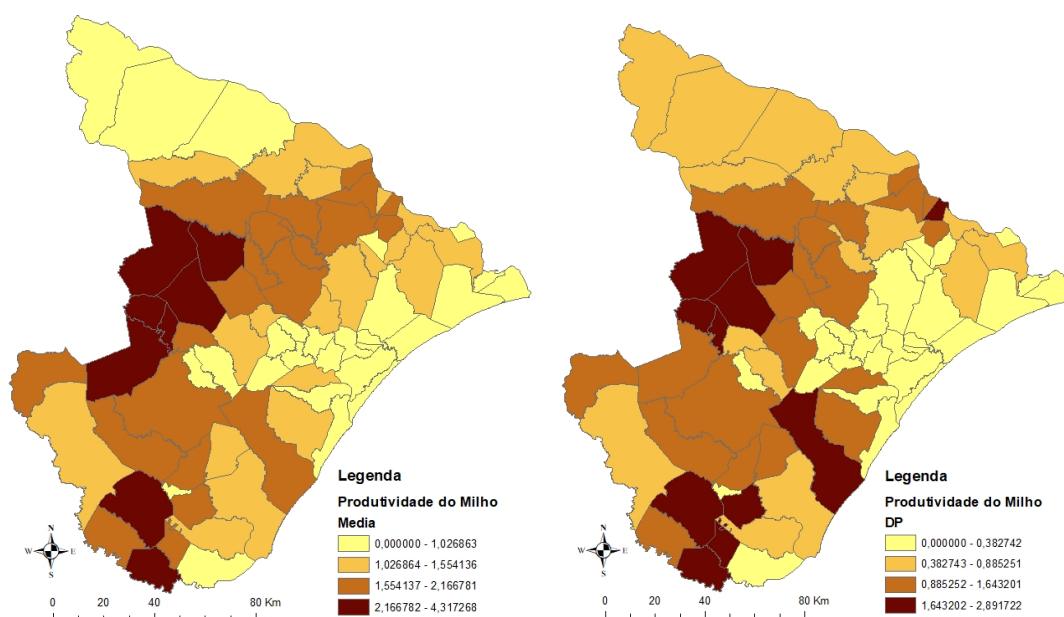
Onde a produtividade real é a média da produtividade da cultura segurada, descrita na apólice de seguro, determinada juntamente com o segurado através de metodologias de mensuração e amostragem de campo.

Para o cálculo da produção histórica real, foi feito uma média mensal dos preços do milho de janeiro de 2016 até janeiro de 2017, considerando o indicador Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e o chegou-se ao **preço do milho** em R\$ 42,98 por saca de 1000 toneladas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando o mapa (**Figura 3**) da produtividade média do milho (tonelada/hectare) do estado de Sergipe (2003 a 2015) percebeu que a Região do Agreste Central diferencia das outras regiões, com cinco municípios dentre as maiores médias da produtividade de milho. São eles: Carira, Nossa Senhora da Aparecida, Frei Paulo, Pinhão e Pedra Mole. Outros três municípios fora dessa região tem destaque, Simão Dias, Cristinápolis e Itabaianinha, o primeiro no Centro Sul e os outros do Sul Sergipano, respectivamente. No restante do estado, várias regiões têm boa produtividade, com destaque para uma parte do Alto Sertão, Médio Sertão, Agreste Central e Centro Sul. Na Grande Aracaju, apenas Itaporanga d'Ajuda se destaca na produtividade média de milho.

Figura 3. Mapa da Produtividade Média e Desvio Padrão (DP) respectivamente do Milho no Estado de Sergipe, 2003 a 2015.

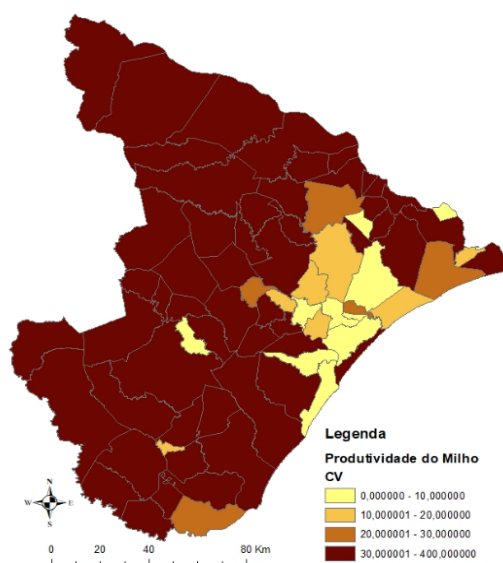


A produtividade também pode ser observada quanto a seu desvio padrão (**Figura 3**), que significa o quanto os dados são dispersos em relação à média. Em outras palavras, o mapa demonstra se os municípios tiveram de 2003 a 2015, uma produtividade aproximada ao longo dos anos ou os municípios tiveram uma produtividade atípica, podendo ela ser maior ou menor, em relação à média observada. Os mesmos cinco municípios da Região Agreste Central com melhores produtividades também têm os maiores desvios padrões, logo os municípios tem uma alta variabilidade.

O Sul Sergipano apresenta quatro municípios com alto desvio padrão, são eles Itabaianinha, Cristinápolis, Umbaúba e Arauá. Destaque também para Itaporanga d'Ajuda na região da grande Aracaju e Telha na região do Baixo São Francisco. No mais, as Regiões Agreste Central, Médio Sertão E Alto Sertão, os desvios padrões também tiveram destaque.

Observando o coeficiente de variação dos municípios de Sergipe (Figura 4), destaca-se a maior parte do estado ser considerado de risco muito alto para as seguradoras segundo a proposta de Rigonatto (2012). Os maiores coeficientes de variação do estado estão espalhados por quase todas as suas regiões, exceto Médio e Leste Sergipano. Na Região Alto Sertão estão Canindé de São Francisco, Poço Redondo e Porto da Folha. Na Região Baixo São Francisco, estão Canhoba, Amparo de São Francisco, Telha e Cedro de São João. Na Região Agreste Central estão Carira, Nossa Senhora da Aparecida, Pinhão e Itabaiana. Na Região Grande Aracaju estão Itaporanga d'Ajuda e Riachuelo. Na Região Centro Sul apenas Riachão do Dantas. Na Região Sul estão Boquim, Itabaianinha, Arauá, Tomar do Geru, Cristinápolis e Umbaúba. Apenas alguns municípios do Médio Sertão, Leste, Baixo São Francisco e Grande Aracaju não são considerados de risco muito alto, porém muitos destes se enquadram nos grupo de risco alto e médio. No Sul, Indiaroba e Pedrinhas tem risco alto e médio respectivamente, e no Agreste Central apenas São Domingos se diferencia dos outros com classificação de baixo risco.

Figura 4. Mapa do Coeficiente de Variação (CV) da Produtividade do Milho no Estado de Sergipe, 2003 a 2015.

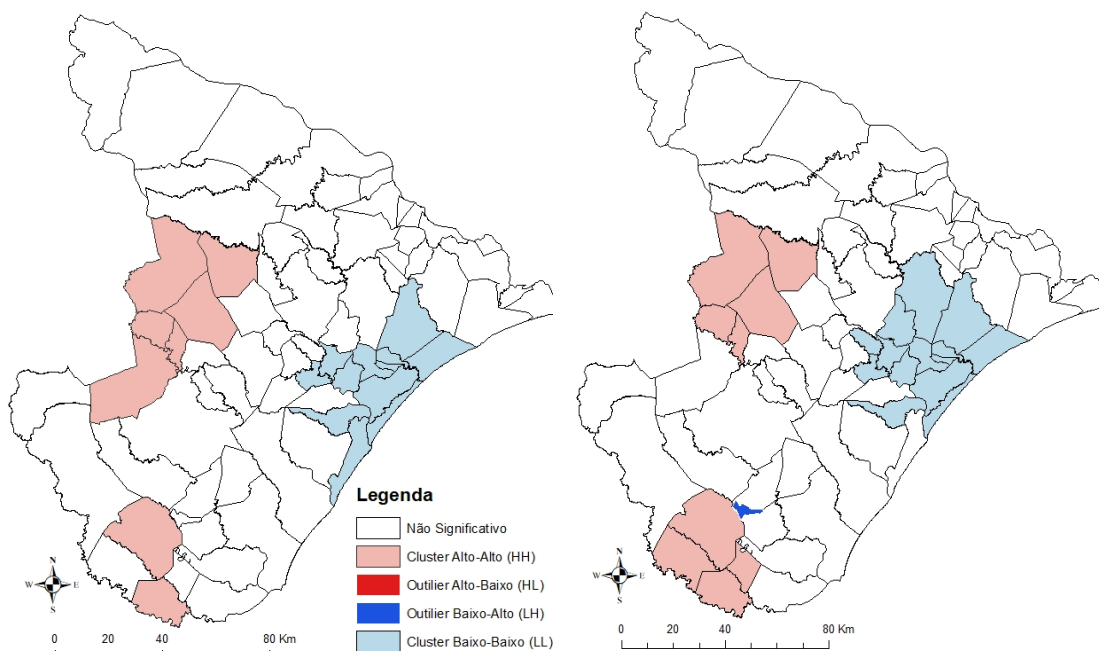


Comparando o mapa do CV (Figura 4) da produtividade do milho com a média da produtividade do milho (Figura 3), podemos observar que os municípios que foram considerados de risco baixo também têm as menores produtividades médias do estado. É importante destacar que no banco de dados não se tem informações da produtividade média do município de Aracaju e teve que inserir o zero para poder realizar as análises. Desta forma podemos ignorá-lo desta classificação.

De acordo com o mapa de autocorrelação espacial local de Moran I em relação à média da produtividade de milho (Figura 5), os clusters que apresentam valores altos e vizinhos semelhantes (HH) se concentraram na região do Agreste Central, Centro Sul e no Sul Sergipano. Os agrupamentos que apresentaram valores baixos e vizinhos semelhantes (LL) se concentraram na Região do Leste Sergipano e na Grande Aracaju.

O município de Pedrinhas ficou no grupo LH no mapa do Desvio Padrão, ele se destacou ter uma baixa produção de milho, porém ao seu redor tem municípios com alta produtividade de milho, isso pode influenciar para que no futuro se torne um propício produtor de milho.

Figura 5. Mapa dos Clusters da Média e Desvio Padrão (DP) respectivamente para a Produtividade do Milho no Estado de Sergipe, 2003 a 2015.



Com isto pode-se calcular através do MLG o valor da precificação para os municípios que foram apontados na análise de autocorrelação espacial local de Moran I dos altos e baixos municípios com produtividade média de milho no estado de Sergipe. Apenas sete municípios tiveram modelos significativos, talvez se houvesse banco de

dados mais consistentes poderiam melhorar as análises. Os municípios estão descritos na tabela 6.

Os valores apresentados na tabela 6 mostram as estimativas (em apêndice) de pagamento por parte da seguradora em caso de indenização por unidade de área (ha), levando em conta o prêmio atuarial justo.

Pode-se observar na tabela 6 que quando os valores empíricos são maiores que os estimados, o segurado está recebendo uma indenização maior do que deveria, ficando a seguradora no prejuízo. Já quando o valor empírico é menor que o estimado, a seguradora está com lucro. Por exemplo, no município de Simão Dias que é o maior produtor de milho no estado de Sergipe a previsão é de que a seguradora pagará uma indenização no valor de R\$ 40,90 por hectare de acordo com MLG com a distribuição Normal, enquanto que empiricamente as seguradoras pagariam uma indenização no valor de R\$ 2.020,43. O município que teria uma indenização mais alta através da modelagem MLG, seria Cristinápolis com distribuição Gamma no valor de R\$ 271,20 e empiricamente seria de R\$ 1.254,65 por hectare. Em todos os municípios a segurado estaria recebendo mais que deveria, saindo eles no lucro.

Tabela 6. Valores do AIC para distribuição Normal e Gama e os pagamentos esperados (em reais por hectare) por unidade de área da cultura do milho para municípios Sergipanos com cobertura de 70%, 2003 a 2015.

Clusters de Produtividade	Normal	(AIC)	Gama	(AIC)	Empírico
Simão Dias	R\$ 40,90	38,618	R\$ 52,13	41,345	R\$ 2.020,43
Itabaianinha	R\$ 110,90	51,578	R\$ 197,51	40,730	R\$ 1.254,65
Cristinápolis	R\$ 145,57	53,835	R\$ 271,20	38,093	R\$ 1.258,09
Pirambu	R\$ 53,94	-24,133	R\$ 60,89	-21,231	R\$ 358,04
Japarutuba	R\$ 39,54	-54,227	R\$ 39,13	-54,039	R\$ 396,89
Rosário do Catete	R\$ 35,23	-34,066	R\$ 37,08	-34,874	R\$ 414,14
Santo Amaro das Brotas	R\$ 33,56	-51,412	R\$ 32,40	-51,582	R\$ 388,79

Fonte: elaboração própria.

Pode-se destacar que os valores das estimativas das indenizações encontrados neste trabalho podem ser corroborados aos trabalhos de SANTOS (2011) e OZAKI (2005), eles também chegaram à conclusão que a precificação precisa de um cálculo mais justo para precificação do seguro agrícola no Brasil.

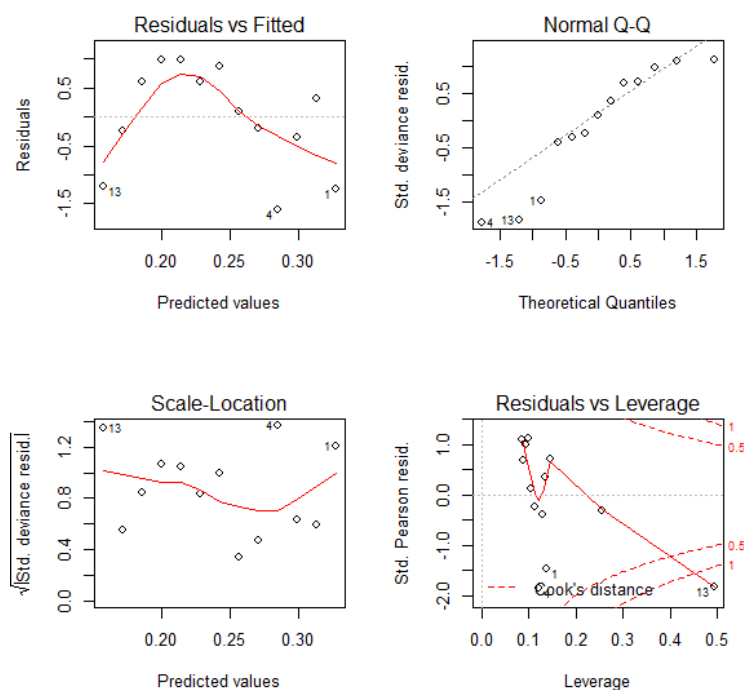
As análises seguintes realizadas foram as dos resíduos, uma vez que, são importantes dentro da análise de diagnóstico, pois eles ajudam a detectar observações discrepantes e os modelos que melhor se ajustaram e que merecem uma análise mais

detalhada (MARCIANO, 2009). Para análise de diagnóstico dos modelos encontra-se nas Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 a apresentação dos gráficos dos resíduos dos modelos de cada município. Neles podemos notar quais são os possíveis afastamentos das suposições do modelo adotados e presença de observações com alguma influência fora de padrão nos resultados do ajuste.

Desta forma podemos ver que os municípios de Pirambu, Rosário do Catete e Santo Amaro das Brotas apresentaram uma variabilidade baixa dos dados, com pequenos pontos discrepantes. Já Simão Dias, Itabaianinha, Cristinópolis e Japaratuba apresentam muitos pontos discrepantes, com uma variabilidade dos dados alto. Talvez retirando estes pontos discrepantes os modelos poderiam apresentar maior significância. Em contra partida, como a base de dados é pequena, admitiu-se todos os dados.

Figura 6. Gráficos dos resíduos do município de *Simão Dias*. Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.

a)



b)

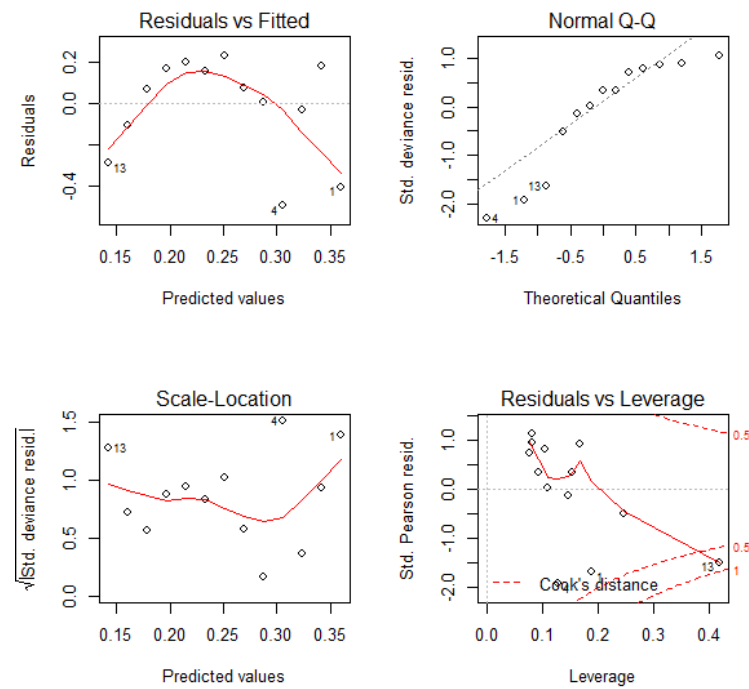
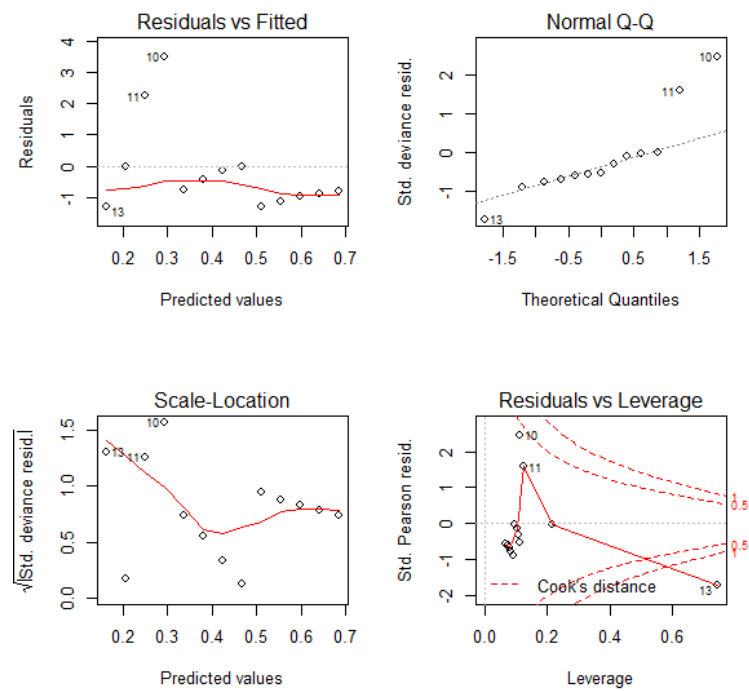


Figura 7. Gráficos dos resíduos do município de *Itabaianinha*. Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.

a)



b)

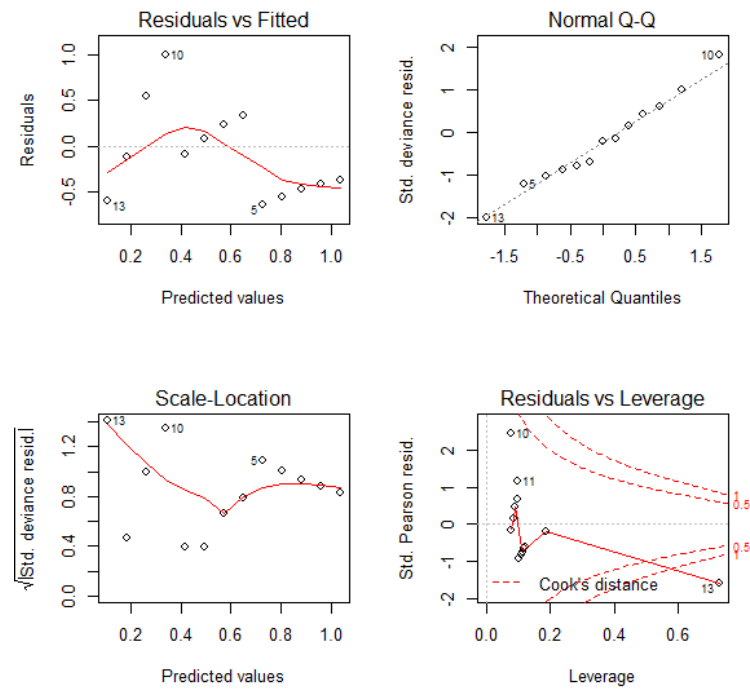
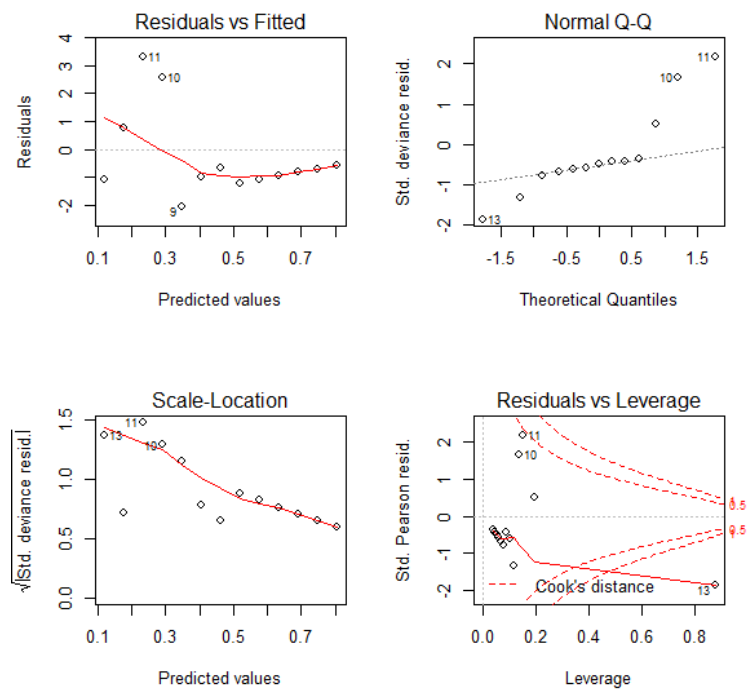


Figura 8. Gráficos dos resíduos do município de *Cristinópolis*. Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.

a)



b)

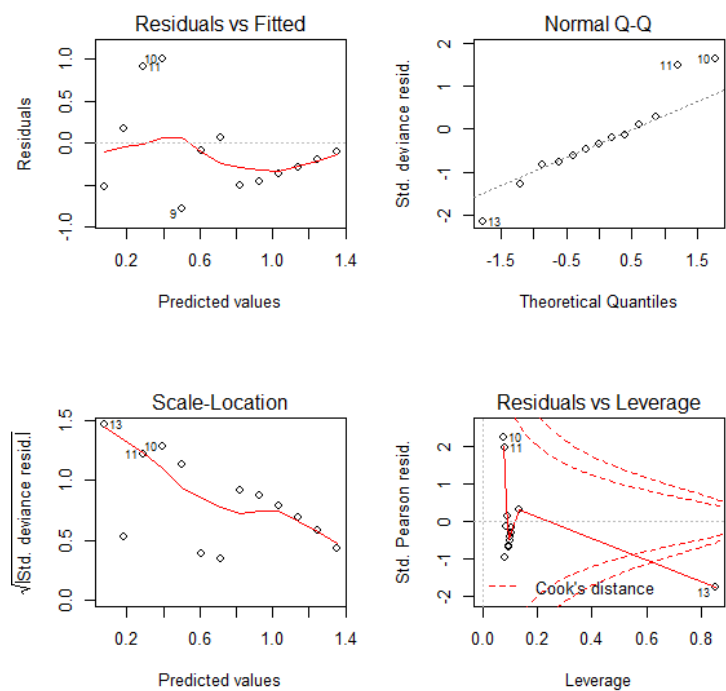
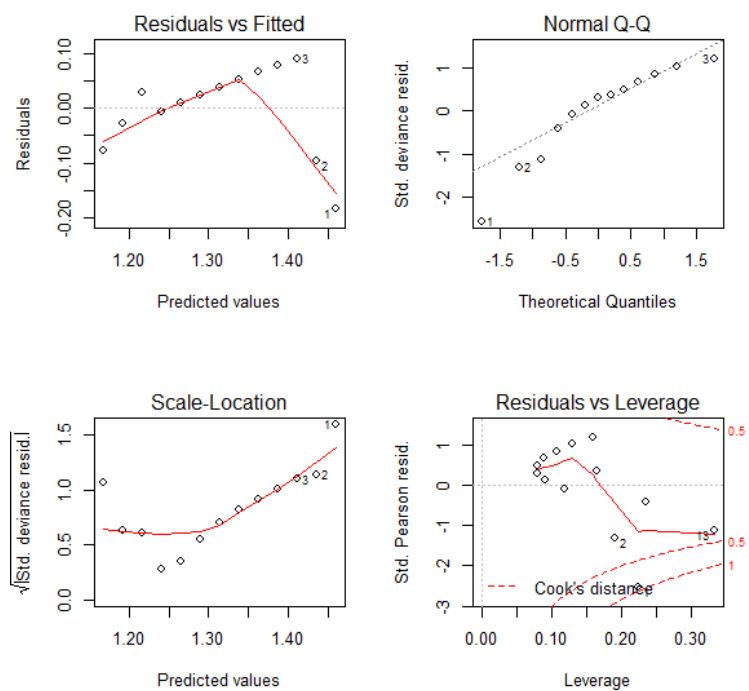


Figura 9. Gráficos dos resíduos do município de *Pirambu*. Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.

a)



b)

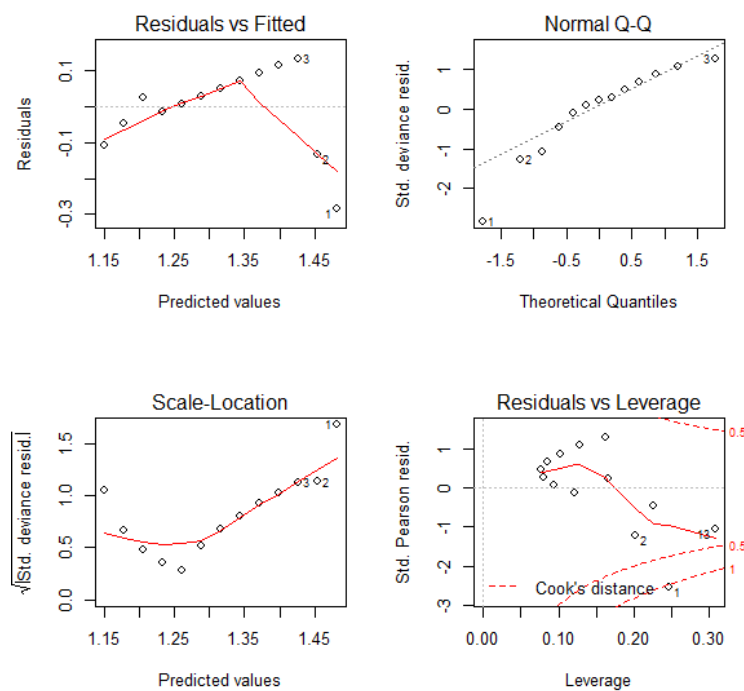
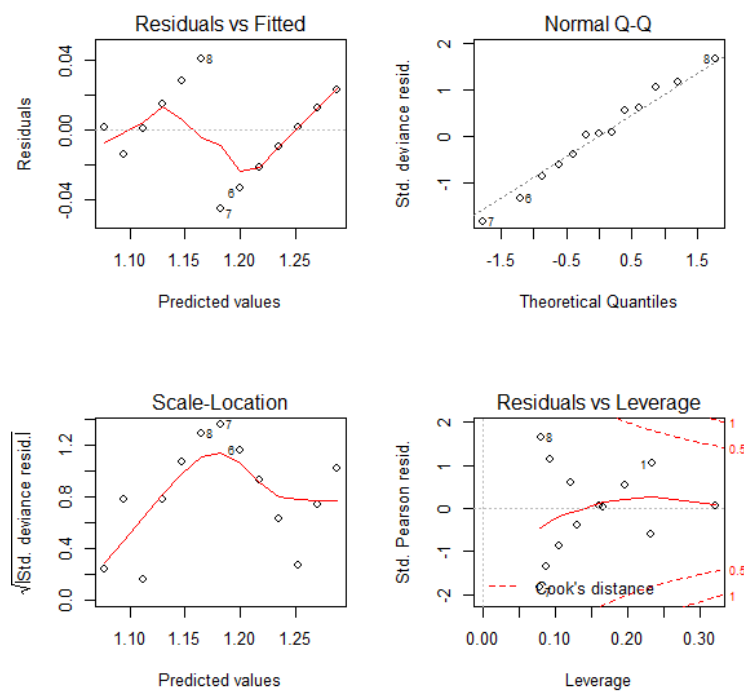


Figura 10. Gráficos dos resíduos do município de *Japaratuba*. Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.

a)



b)

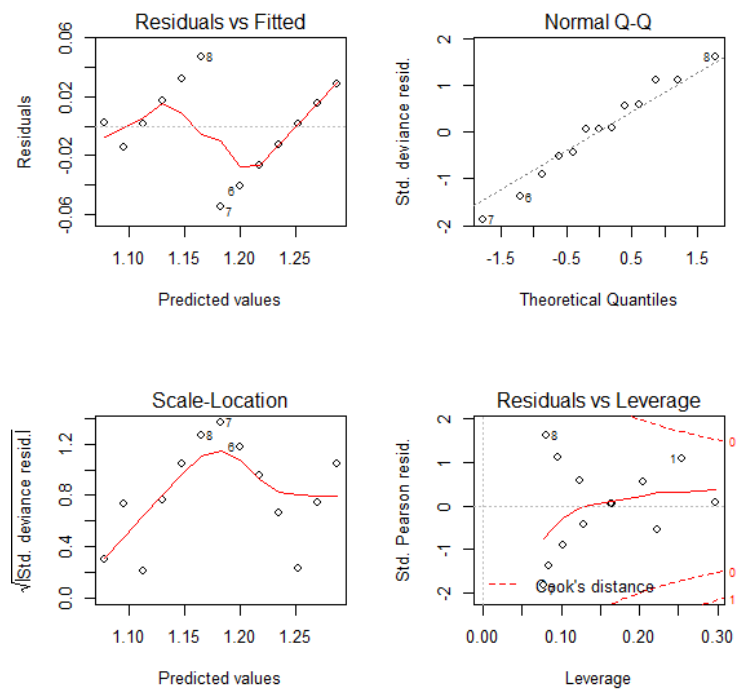
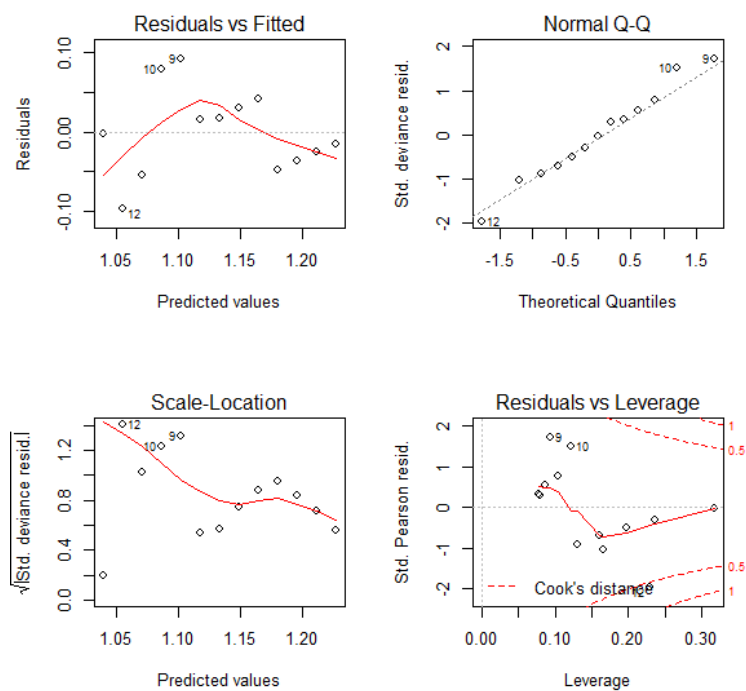


Figura 11. Gráficos dos resíduos do município de *Rosário do Catete*. Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.

a)



b)

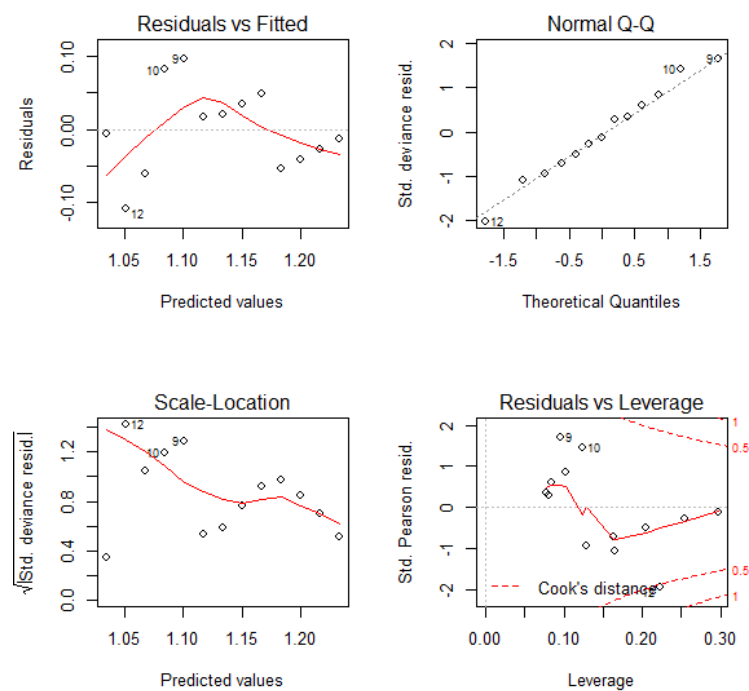
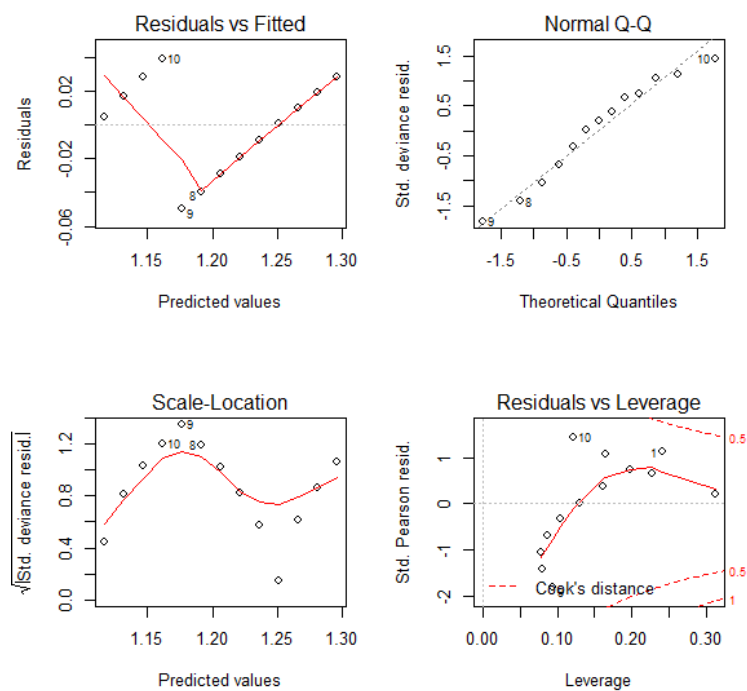
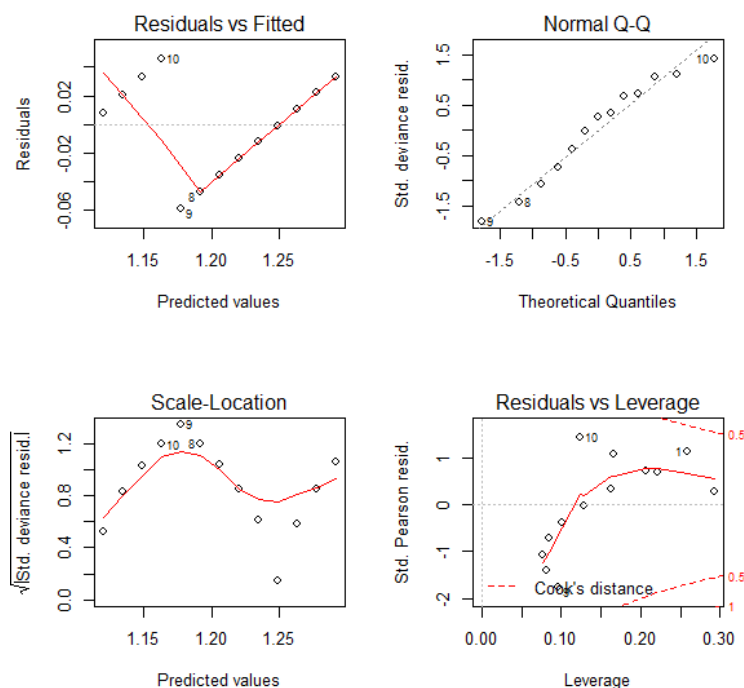


Figura 12. Gráficos dos resíduos do município de *Santo Amaro das Brotas*. Modelo Normal (a) e Gamma (b), respectivamente.

a)



b)



Segundo Santos (2011) e Ozaki (2005) um dos problemas encontrados para a precificação do seguro agrícola no Brasil é a falta de banco de dados consistente e a ausência de formulação para estabelecer uma taxa de prêmio adequada.

Tópicos de pesquisa em aberto relacionados a este tema incluem o uso de modelos espaço-temporais de produtividades mais flexíveis, por exemplo, sob uma abordagem de modelos dinâmicos e a incorporação de covariáveis climáticas e/ou tecnológicas na modelagem espaço-temporal da produtividade e na precificação dos contratos de seguro agrícola (WEST E HARRISON, 1997). Porém tais dados como estes não estão disponíveis nos órgãos Brasileiros para realização desta aplicação.

Tais resultados através destas metodologias aqui propostas podem beneficiar as seguradoras com a redução do risco proveniente do seguro, uma vez que observamos que as indenizações pagas pelas seguradoras deveriam ser menores para os municípios aqui estudados. Os resultados servem para norteá-las quanto ao risco oferecido pelo município, diante dos mapas de Sergipe que tiveram evidências de serem considerado de alto risco. Assim cobrando um prêmio justo para assim incentivar o desenvolvimento deste seguro no Estado.

7. CONCLUSÕES

- Observou-se que indenizações pagas pelas seguradoras deveriam ser menores para os municípios aqui estudados, tais resultados através destas metodologias aqui propostas podem beneficiar as seguradoras uma vez que, podem estimular o desenvolvimento do mercado de seguro no estado.
- Em Sergipe o coeficiente de variação é considerado muito alto para cultura do milho, logo tem indícios de estar inserido na categoria de alto risco agrícola.
- Teve-se indícios que o MLG permitiu modelar o valor da indenização do seguro agrícola e se revelou mais justo do que a indenização empírica que é empregada pelas seguradoras.

BIBLIOGRAFIA

AKAIKE, H. (1974). A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Auto Cntl AC-19, 6, 716–723.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. Geographical Analysis, 27, n.2, p. 93-115, 1995.

ALMEIDA, E. Curso de Econometria Espacial Aplicada. ESALQ-USP: Piracicaba, 2004.

AZEVEDO FILHO, A. J. B.V. Seguro Agrícola no Brasil: evolução e perspectivas, In: Congresso de Tecnologia e Competitividade de Soja no Mercado Global, Cuiabá, 2009.

BARROS, A.M. et al. Seguro Agrícola no Brasil. Uma visão estratégica de sua importância para a Economia brasileira, 2012.

BECKER, JOÃO L., Estatística básica. Transformando dados em informação, 2015.

BASSO, R.M., Misturas finitas de misturas de escala Skew-Normal, 96f. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

BITTENCOURT, H. R., Contribuições para o ensino da distribuição normal ou curva de gauss em cursos de graduação, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.pucrs.br/famat/viali/tic_literatura/artigos/planilhas/Sipem_06.pdf> acesso em: 11 de janeiro de 2016.

BM&FBovespa - Bolsa de Mercadorias e Futuros. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/home.aspx?idioma=pt-br>> acesso em: 15 de fevereiro de 2017.

CÂMARA, G.C., CRUZ, M.S., CORREA, O.G., 2004. Análise Espacial de Áreas. In: *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Planaltina, Embrapa.

CELEUX, G.; SOROMENHO, G., An entropy criterion for assessing the number of clusters in a mixture model, *Classification Journal*, v.13, p. 195-212, 1996.

CNseg, Fundo de Castátrofe para Seguro Rural. Relatório Teórico do Valor Inicial a ser Aportado pelo Governo Federal, Brasil, 2011.

CORDEIRO, G. M., & DEMÉTRIO, C. G. . Modelos Lineares Generalizados e Extensões, outubro de 2010. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/arquivos/aulas/2013/LCE5868/livro.pdf>> acesso em: 10 de dezembro de 2015.

CORDEIRO, Gauss M.; DEMÉTRIO, Clarice G.B., Modelos Lineares Generalizados e extensões, Recife, Piracicaba, 2010.

CRUZ, J. C. et al. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1, Sete Lagoas-MG. ISSN 1679-012X- Versão eletrônica- volume 6, 2010. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm> - acesso em: 11 de maio de 2016.

DOBSON, A. J. Introduction to statistical modeling London: Cambridge University Press, 1990. 125 p.

ESRI, 2009. *ArcGIS Desktop 9.3 Help* [online]. Disponível em: <[http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?tocVisible=0&ID=1&TopicName=How%20Spatial%20Autocorrelation:%20Moran's%20I%20\(Spatial%20Statistics\)%20works&pid=1](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?tocVisible=0&ID=1&TopicName=How%20Spatial%20Autocorrelation:%20Moran's%20I%20(Spatial%20Statistics)%20works&pid=1)>. Acessado em 12 de dezembro de 2016.

FERREIRA, Paulo Pereira,. Modelos de Precificação e Ruína para Seguros de Curto Prazo, Rio de Janeiro, FUNENSEG, 2002.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G.A., Curso de Estatística, 6ª Edição, Editora Atlas, São Paulo, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 de março de 2016.

GIMARÃES, MARCELO F.; NOGUERIA, JORGE M., A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil?. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032009000100002&script=sci_arttext)

20032009000100002&script=sci_arttext>. Acesso em 10 de julho de 2016.

JACQUES, Sidia M. C., Bioestatística - princípios e aplicações, Editora Artmed, Porto Alegre, 2007.

JARDIM, Fabio dos Santos, Estatística no ensino médio: um olhar interdisciplinar a partir do ENEM. Trabalho de Conclusão de Curso. Porto Alegre: UFRGS, 2013. Disponível em:<[https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/88279/000912643.p](https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/88279/000912643.pdf?sequence=1)

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/seguro-rural> >. Acesso em: 11 de maio de 2016.

MBagro, Seguro Agrícola no Brasil: Uma Visão Estratégica de sua importância para a economia brasileira, Brasil, julho, 2012. Disponível em: <http://ciflorestas.com.br/arquivos/d_d_d_17833.pdf> acesso em: 15 de julho de 2015.

MCCULLAGH P. Modelos Lineares Generalizados, 2ª Edição, Nova York, 1989.

MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton de O., Estatística Básica, 5ª Edição, São Paulo, Saraiva, 2004.

NELDER, J. A. E WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. Journal of the Royal Statistical Society A, local, V. 135, p. 370-384, 1972.

NUNES, J. L. S.; Importância Econômica do Milho. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/culturas/milho/importancia.aspx/>>. Acesso em: 24 de março de 2016.

OLIVEIRA, SAMUEL. Inferência e análise de resíduos e de diagnóstico em Modelos lineares generalizados. Monografia, 2013.

OZAKI, Vitor Augusto, Métodos atuariais aplicados à determinação da taxa de prêmio de contratos de seguro agrícola: um estudo de caso. Tese (doutorado), Piracicaba, 2005.

OZAKI, V. A. Uma Digressão sobre o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural e as Implicações para o Futuro do Mercado de Seguro Rural. Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba, v. 48, n 04, p. 495-514, março 2011.

OZAKI, V.A Em busca de um novo paradigma para o seguro rural no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.46, n.1, p.97-119, 2008.

PAULA, G. A. Modelos de regressão com apoio computacional, 2004. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~giapaula/mlgs.html>>. Acesso em: 24 de julho de 2016

PIANA, et al, Estatística Básica, versão preliminar, Pelotas, 2009

PRADO, V. L. S, Histórico do Seguro Rural no Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/hist%C3%B3rico-do-seguro-rural-no-brasil>>. Acesso em: 17 de março de 2016.

SANTOS, C. O., A distribuição Skew - Normal como Modelo para a Produtividade de Milho Aplicada ao Seguro Agrícola, Larvas/MG., 2011

SANTOS, Catia. Níveis Tecnológicos dos Agroecossistemas do Milho no Estado de Sergipe. São Cristóvão, 2012.

SCHMIDT, C. M. C. Modelo de regressão de Poisson aplicado à área da saúde. Ijuí, 2003. 98 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

SCUDINO, PATRÍCIA A. A utilização de alguns testes estatísticos para análise da variabilidade do preço do mel nos municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba, Estado do Rio de Janeiro. Monografia, 2008.

SECUNDINO, P. A., A utilização de alguns testes estatísticos para análise da variabilidade do preço do mel nos municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba, estado do Rio de Janeiro, Seroédica, Rio de Janeiro, 2008.

SHERICK, B.J. Crop insurance valuation under alternative yield distributions. American Journal of Agricultural Economics, Saint Paul, v.86, nº 2, p. 406-419, Feb 2004.

Seguro agrícola: fatores de sustentabilidade para o País. Disponível em: <<http://www.portalsegurorural.com.br/single-post/2017/09/14/Seguro-agr%C3%ADcola-fatores-de-sustentabilidade-para-o-Pa%C3%ADs>>. Acesso em: 27 de setembro de 2017.

Seguro Agrícola: Vale A Pena?. Disponível em: <<http://agrownegocios.com.br/blog/produtores-rurais/seguro-agricola-vale-a-pena>>. Acesso em: 27 de setembro de 2017.

Seguro Rural: Exemplo do mundo para o Brasil avançar. Disponível em: <<http://mesintoseguro.com.br/blog/seguro-rural-exemplo-do-mundo-para-o-brasil-avancar/>>. Acesso em: 15 de junho de 2017.

SOUSA, K. M. M., Modelos lineares generalizados e modelos de dispersão aplicados à modelagem de sinistros agrícolas. Piracicaba, 2010.

SUSEP. Disponível em: <<http://www.susep.gov.br/menu/informacoes-aopublico/planos-e-produtos/seguros/seguro-rural>>. Acesso em 30 de julho de 2016.

TUDO SOBRE SEGURO, Brasil, Dezembro de 2013. Disponível em: <<http://www.tudosobreseguros.org.br/portal/pagina.php?l=608#como%20calcular>>

WOLFOWITZ, J. (1942) Annals of Mathematical Statistics, (1942).

APÊNDICE A

Valores das estimativas dos modelos para distribuição Normal e Gama e o para municípios Sergipanos.

Municípios	Normal	Anos	P_valor	Gama	Anos	P_valor
Cristinápolis - SE	-0,05694	114,8640	0,0109 *	-0,10615	213,9638	0,00124 **
Itabaianinha - SE	-0,04338	87,5737	0,024 *	-0,07733	155,9278	0,00185 **
Japaratuba - SE	-0,0176	36,5503	0,0000404 ***	-0,017413	36,1657	0,0000461 ***
Pirambu - SE	-0,02436	50,2452	0,0408 *	-0,02757	56,7107	0,0333 *
Rosário do Catete - SE	-0,015593	32,4602	0,0141 *	-0,01644	34,1624	0,00895 **
Santo Amaro das Brotas - SE	-0,01487	31,0795	0,000573 ***	-0,014336	30,0069	0,000696 ***
Simão Dias - SE	-0,014192	28,7535	0,00337 **	-0,01811	36,6338	0,00108 **